

Nouvelle frontière pour la recherche géographique

Jean-Bernard Racine

Volume 13, numéro 29, 1969

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/020861ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/020861ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Département de géographie de l'Université Laval

ISSN

0007-9766 (imprimé)

1708-8968 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Racine, J.-B. (1969). Nouvelle frontière pour la recherche géographique. *Cahiers de géographie du Québec*, 13(29), 135–168. <https://doi.org/10.7202/020861ar>

Résumé de l'article

A partir de l'analyse de quelques-unes des études les plus significatives de la nouvelle école géographique anglo-saxonne, l'auteur décrit le cheminement d'un mouvement intellectuel et scientifique qui aboutit incontestablement à ouvrir de nouveaux horizons au géographe tout en lui permettant de reformuler les problèmes classiques. L'auteur envisage successivement cinq grands thèmes de réflexion dialectique : a) géographie quantitative et géographie théorique, b) analogies organiques et théorie des systèmes, c) géographie mathématique et méthode expérimentale, d) géographie inductive et géographie déductive, e) structures spatiales et comportements spatiaux. Il lui paraît évident en définitive que si la finalité de la recherche géographique réside toujours dans la définition et l'explication d'une situation écologique d'ordre qualitatif, la quantification et ses corrolaires théoriques et techniques forment aujourd'hui les plus sûrs moyens d'analyse, de synthèse, voire même d'expression, dont il peut disposer. À cet égard les différentes méthodes d'analyse factorielle, combinées aux ressources des modèles de régression multiple sont particulièrement aptes à féconder le qualitatif par le quantitatif. C'est en tout cas ce dont témoignent, après les différents travaux de Brian Berry et de Leslie King, deux thèses récentes présentées par leurs disciples, consacrées l'une à l'écologie factorielle du Toronto métropolitain, l'autre à la structure spatiale du « champ urbain » du Québec méridional.

NOUVELLE FRONTIÈRE POUR LA RECHERCHE GÉOGRAPHIQUE

par

Jean-Bernard RACINE

Département de géographie, université d'Ottawa

Le rapport de conjoncture et de perspectives de la section de géographie du Comité National de la Recherche Scientifique (Intergéo, supplément au no 14, 1969) marque incontestablement un tournant dans la conception générale de la recherche géographique en France, dans la mesure où il dégage la nécessité d'une recherche coordonnée selon des directions nettement définies, utilisant des méthodes qui permettraient une comparaison plus efficace entre travaux particuliers et permettant par delà les travaux des différents chercheurs de dégager des grands thèmes communs, voire l'embryon d'une systématique qui, tout en n'oblitérant pas l'originalité de l'Ecole française, devrait lui permettre de se rapprocher des vivifiantes écoles étrangères (anglo-saxonne, suédoise, soviétique).

Ce qui suit peut justement servir d'introduction à la lecture d'un certain nombre d'études publiées en langue anglaise ces toutes dernières années, sous forme d'articles, de collections d'articles sur un sujet (les *readers*), de thèses de doctorat, voire même de *text-books* pour les étudiants, et qui témoignent à l'évidence qu'en ce domaine comme en d'autres le défi américain est difficile à relever et que pourtant il doit l'être et peut l'être d'une manière originale et féconde, si toutefois on veut bien utiliser ses leçons et, pour pouvoir les adapter, faire les réformes nécessaires. Ces ouvrages doivent être lus avec la plus grande attention, car le cheminement de la pensée est nouveau pour nous, du moins dans ses structures fondamentales ; parce qu'aussi le mouvement intellectuel et scientifique qu'ils reflètent semble bien irréversible et que notre retard est déjà grand ; parce que l'écart croît sans cesse, non seulement au niveau des méthodes et des techniques mais aussi, après une première période de tâtonnement, au niveau des résultats. Comme le remarque Ian Burton dans un article fondamental¹, en dépit du fait que ses antécédents soient lointains, la véritable révolution quantitative en géographie a débuté à la fin des années 40 ou au début des années 50. Elle a atteint son point culminant entre 1957 et 1960, et maintenant elle est terminée, c'est-à-dire que les idées et les méthodes révolutionnaires sont maintenant tombées dans le domaine commun et conventionnel. Les étudiants sentent de plus en plus qu'ils ne sont pas équipés d'une manière adéquate pour travailler, s'ils ne possèdent pas un sérieux bagage statistique. La rapidité avec laquelle les écoles de géographie en Amérique du Nord ont

¹ BURTON, Ian, *The quantitative revolution and theoretical geography*, The Canadian Geographer, 7, 1963, pp. 151-162.

complété leurs programmes de formation en méthodes quantitatives assure que toute la nouvelle génération de jeunes géographes n'aura plus besoin de se poser de faux problèmes quant au besoin ou au non-besoin de la quantification dans la recherche géographique. Dominant l'ensemble de ces techniques, sachant utiliser les ressources de l'ordinateur, elle conduira ses recherches selon ses besoins, adaptant ses méthodes à la nature des phénomènes étudiés, la quantification devenant un instrument parmi d'autres, souvent un meilleur instrument, de qualification d'une situation écologique, finalité de la recherche géographique.

Il convient toutefois de remarquer que l'amélioration des techniques d'analyse n'aboutit pas seulement à mieux reformuler les problèmes classiques. C'est un des résultats déjà atteint, nous le verrons ; mais la révolution quantitative a d'autres conséquences : en lui posant de nouvelles questions, elle ouvre au géographe des horizons nouveaux, elle le conduit surtout vers l'élaboration de véritables structures théoriques qu'il pourra tester empiriquement, et, de ce fait, le replace enfin dans le grand courant de l'évolution des sciences modernes. Nous grouperons donc notre première réflexion de lecture sur le thème des techniques d'analyse, avant d'envisager leurs conséquences au niveau de la problématique phénoménologique de la géographie.

I. DE LA GÉOGRAPHIE QUANTITATIVE À LA GÉOGRAPHIE THÉORIQUE

Evidemment, la recherche géographique doit nécessairement apprendre à quantifier, sous peine de rester éternellement au stade des intuitions qualitatives. Lequel d'entre nous ne s'est-il pas posé au moins une fois la question de sa propre objectivité, lorsqu'il compare deux phénomènes spatiaux de distribution sur deux cartes différentes. Ainsi par exemple, deux cartes de répartition par points de la population autour d'une métropole à deux époques différentes. Ainsi encore, deux cartes utilisant des courbes isorythmes présentant le même phénomène. Ainsi enfin, deux cartes de densité de population dans le même espace, mais élaborées à partir de secteurs de recensement. Qu'il s'agisse de représentation à « 0 » dimension (le point), à une dimension (la courbe isorythme), ou à deux dimensions (limites des secteurs de recensement), si nous distribuons les paires de cartes à 20 personnes différentes, nous obtiendrons 20 descriptions différentes dans 20 textes différents.

Que dire de tels résultats, tous profondément marqués par la subjectivité de l'individu ? Même si tous les résultats sont valables, chaque résultat appartient au chercheur et est strictement dépendant de ses qualités personnelles d'observation, d'intuition, de synthèse. Par là, ils sont difficilement transmissibles, c'est-à-dire difficilement utilisables, du moins avec quelque rigueur scientifique, pour être testés sur des ensembles spatiaux différents. Ils portent donc leur finalité en eux-mêmes et n'apportent de ce fait que peu de choses à la connaissance scientifique générale et théorique. Si l'on veut rompre avec l'habitude de mettre la charrue avant les boeufs et de proposer aux géographes de résoudre des problèmes qui ne comportent pas de réponse faute d'un acquis fondamental, il est évident que la géographie théorique doit précéder la géographie appliquée, et que la géographie ne sera applicable que lorsqu'elle sera théorique. La première étape dans l'élabora-

tion d'une géographie théorique ne réside pas forcément, d'ailleurs, dans la constitution de modèles abstraits, mais au moins dans la constitution d'une véritable typologie.

Cette typologie devant reposer sur la généralisation des résultats de recherches comparatives, comment comparer des résultats chaque fois acquis à l'aide de méthodes d'analyses utilisant des critères référentiels différents? Les adversaires des méthodes quantitatives en reviennent à réduire les instruments de la recherche géographique à un seul outil, la carte. Nous venons de voir qu'elle est insuffisante en soi au niveau de la description objective des faits de répartition. Or elle l'est aussi au niveau de la description des faits d'association, comme l'ont clairement exprimé McCarty et Salisbury, qui ont démontré que la comparaison visuelle de cartes isoplètes ne donne décidément pas un moyen sûr de déterminer des corrélations entre des phénomènes distribués spatialement². C'est pourquoi les géographes ont besoin d'élaborer maintenant des méthodes tout à la fois « universelles » et « objectives » d'analyse des faits de distribution, puis des faits d'association. A ce niveau, il ne s'agit plus seulement d'aller chercher dans les sciences voisines des méthodes d'analyse à rapatrier dans notre ensemble méthodologique, encore moins de nous égarer, amateurs parmi des professionnels, dans des problèmes qui ne nous appartiennent pas, il s'agit de nous donner, en fonction de nos problèmes spécifiques, des moyens spécifiques d'analyse scientifique. Ces moyens seront évidemment empruntés, pour l'essentiel, au langage abstrait des mathématiques, tout particulièrement de l'algèbre matricielle et du calcul de probabilité. Encore une fois, il ne s'agit pas ici de vouloir raisonner seulement sur les nombres, c'est l'affaire du théoricien, mais, à travers les nombres et leurs propriétés, d'essayer de mieux saisir la réalité des phénomènes qu'on étudie. Autrement dit, *quantifier pour mieux qualifier*. Se cacher derrière la contingence et le manque de régularité, c'est renoncer dans une grande mesure à faire oeuvre scientifique, c'est en tout cas se limiter à ne déboucher que sur des cas d'espèces. Or, a-t-on bien vérifié, rappelle Daniel Pham³, que ce manque de régularité ne traduit pas au fond « notre ignorance et notre incapacité de construire un modèle adéquat » ?

L'expérience prouve cependant qu'il faut adapter le langage mathématique à nos besoins. C'est à cette tâche que se sont attelés avec succès, malgré les inévitables maladroites du début, l'équipe formée à l'Université de Washington (Seattle) surtout, mais aussi à l'Université d'Iowa, avant 1960. Mais c'est essentiellement de William L. Garrison que se réclament la plupart des « jeunes hommes sur la nouvelle frontière », comme Brian Berry les a, et s'est lui-même, qualifié⁴, ceux qui ont travaillé avec lui à Seattle comme ceux qui ont subi son influence à travers lui et à travers les travaux de ses élèves. Ces travaux ont eu valeur de démonstration, comme le remarque justement Leslie King, qui vient de nous livrer le premier *textbook* améri-

² McCARTY, H.H. et SALISBURY, N.E., *Visual Comparison of Isopleth Maps as a Means of Determining Correlations Between Spatially Distributed Phenomena*, University of Iowa, Department of Geography, Publication No. 3, 1961.

³ MIALARET, G. et PHAM, D., *Statistique à l'usage des éducateurs*, P.U.F., Coll. Sup., Paris, 1967, 264 p.

⁴ BERRY, Brian J.L., *Research Frontiers in Urban Geography*, in HAUSER, P.M. et SCHNORE, L.F., *The Study of Urbanization*, John Wiley, New York, 1965, pp. 403-430.

cain complet sur l'analyse statistique en géographie⁵. En le comparant à l'ouvrage pourtant récent de Gregory⁶, on mesurera le chemin parcouru en quelques courtes années. On est passé définitivement de la statistique descriptive à la statistique explicative, c'est-à-dire se fondant sur des modèles mathématiques complexes et élaborés pour découvrir et tester la logique des liaisons multiples existant entre les faits d'observation.

Bon nombre de ces jeunes pères de la « nouvelle géographie » sont maintenant dans la région de Chicago où ils font bon ménage avec les spécialistes sociologues issus de la fameuse école d'écologie humaine qui a tant contribué à notre connaissance des milieux urbains, (voir à ce sujet l'ouvrage édité par Hauser et Schnore : *The Study of Urbanisation*⁷. William Garrison lui-même est maintenant à Chicago (pour le compte de l'Université de l'Illinois), tandis que deux de ses anciens élèves sont dans la proche banlieue à l'Université Northwestern (Michael Dacey, le plus avancé des géographes mathématiciens, et Duane Marble, directeur des programmes de recherche du Centre d'Etude des Transports) ; le plus prolifique de tous, Brian Berry, qui n'a que 36 ans, outre sa charge au Département de géographie de Chicago, assume la direction des programmes de formation du Centre multidisciplinaire d'Etudes urbaines de la même université. C'est d'ailleurs une formule de plus en plus courante aux Etats-Unis que ce partage des spécialistes entre leurs activités d'enseignement au niveau sous-gradué au sein d'un cadre strictement géographique et leurs activités de recherche avancée et d'encadrement de chercheurs hautement spécialisés dans un cadre multidisciplinaire au niveau gradué (doctorat et maîtrise) et appliqué (contrats de recherche), l'Université de Californie à Berkeley ayant même généralisé le principe avec les résultats que l'on sait.

Cette équipe a déjà fait un bilan de son travail en réunissant ses articles les plus significatifs et ceux de leurs collègues des autres départements avancés, ceux d'Iowa, d'Ohio et de Toronto en particulier, dans des *readers*. Ces ouvrages complètent fort heureusement l'ouvrage de Leslie King (*op. cit.*), en permettant au lecteur de suivre l'utilisation des méthodes les plus sophistiquées sur des exemples concrets et donc de juger non seulement des procédés mais de leur utilité en tant qu'instruments de meilleure interprétation de situations géographiques — dont ils ont eu à s'occuper eux-mêmes sans disposer des mêmes techniques d'analyse — et de comparer les résultats. Deux ouvrages d'optique légèrement différente, édités par les spécialistes de Chicago, sont fondamentaux. L'ouvrage de Brian Berry et Duane Marble⁸ groupe des articles illustrant successivement les fondements méthodologiques de la révolution quantitative (66 pages), les rapports entre les données spatiales et les statistiques spatiales (utilisation des ordinateurs, cartes, sondages, analyse des séries, problèmes des distributions) (82 pages), les méthodes d'analyse des distributions spatiales (120 pages), les méthodes d'analyse des associations spatiales (100 pages) et enfin les

⁵ KING, Leslie J., *Statistical Analysis in Geography*, Prentice Hall, New Jersey, 1969, 288 p.

⁶ GREGORY, S., *Statistical Methods and the Geographer*, Longmans, Green & Co., Londres, 1963.

⁷ HAUSER, P.M. and SCHNORE, L.F., *Op. cit.*, note 4.

⁸ BERRY, Brian J.L. et MARBLE, Duane F., *Spatial Analysis, A reader in Statistical Geography*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1968, 512 p.

méthodes de régionalisation des résultats (45 pages) et l'inventaire de quelques problèmes connexes ouvrant sur des recherches futures (48 pages). L'ouvrage de William L. Garrison et de Duane Marble utilise le même principe et est antérieur d'un an ; son but est moins de montrer les possibilités de la géographie statistique dans les problèmes d'analyse spatiale que de faire un inventaire plus systématique des méthodes quantitatives. Il s'intitule donc *Quantitative Geography* et se subdivise en deux tomes, le premier consacré aux thèmes de la géographie économique et culturelle, le second aux thèmes de la géographie physique et de la cartographie. On y retrouvera en gros les mêmes auteurs ⁹.

La même école commence à produire des oeuvres magistrales en Suède, (Lund et Göteborg) ¹⁰, en Angleterre, à Bristol et Cambridge d'une part (comme en témoignent les travaux de R. Chorley et P. Haggett), mais aussi à Nottingham ¹¹, où J. P. Cole et C.A.M. King, non contents d'animer une revue de géographie statistique ¹², viennent de produire un intéressant précis de géographie quantitative qui a l'avantage de commencer par procurer au lecteur l'indispensable initiation aux mathématiques et à la statistique qui lui permettra de poursuivre plus avant son travail en géographie quantitative. Il est de ce fait beaucoup plus accessible que l'ouvrage de Leslie King qui, lui, est réservé aux lecteurs déjà familiers avec le calcul différentiel et intégral et l'algèbre matricielle. Quant aux travaux de Chorley et Haggett et à l'ouvrage qu'ils ont édité sur les modèles ¹³, ils se présentent sous une forme beaucoup plus synthétique, digérée, et peuvent être considérés comme faisant le point de cette première époque révolutionnaire. On ne saurait cependant en rester là. Aux Etats-Unis, tout particulièrement à Chicago sous la direction de Berry, de nouvelles voies se dessinent. D'une part, Berry commence à rédiger lui-même des ouvrages d'ensemble faisant le point sur un certain nombre de thèmes fondamentaux, par exemple son livre sur la structure du commerce de détail ¹⁴, et le livre qui va paraître incessamment sur les « systèmes urbains » ¹⁵ ; mais surtout il lance et participe lui même à des recherches nouvelles, d'autant plus intéressantes qu'elles convergent toutes vers l'élaboration d'une théorie générale et globale des structures spatiales et des comportements spatiaux, en utilisant les principes qui sont maintenant les principes moteurs sous-tendant les progrès de tout le nouveau courant scientifique, de la biologie à la recherche spatiale ; c'est ce qu'on appelle la

⁹ GARRISON, W.L. et MARBLE, D.S., *Quantitative Geography*, Part I : *Economic and Cultural Topics*, 288 p. Part II : *Physical and Cartographic Topics*, 324 p., Northwestern University, Studies in Geography, nos 13 et 14, Evanston, Illinois, 1967.

¹⁰ BUNGE, W., *Theoretical Geography*, Lund Studies in Geography, Series C, *General and Mathematical Geography*, I, 1962. Noter aussi les travaux de MORRILL, R.L. et de OLSSON, G. dans les séries B, et dans la revue *Geografiska Annaler*. WERNERYD, Olof, *Interdependence in Urban Systems*, Regionkonsult Aktiebolag, Göteborg, 1968, 176 pages.

¹¹ COLE, J.P. et KING, C.A.M., *Quantitative Geography, Techniques and Theories in Geography*, John Wiley and Sons, Londres, 1968, 692 p.

¹² Bulletin of Quantitative Data, Department of Geography, Nottingham University.

¹³ CHORLEY, Richard J. et HAGGETT, Peter, *Frontiers in Geographical Teaching*, Methuen, Londres, 1965, XII et 379 p.

^{13b} CHORLEY, Richard J. and HAGGETT, Peter, *Models in Geography*, Methuen, Londres, 1967, 816 p.

¹⁴ BERRY, Brian J.L., *Geography of Market Centers and Retail Distribution*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1967, XI et 146 p.

¹⁵ BERRY, Brian J.L., *Geography of Urban Systems*, à paraître en 1970 à Prentice Hall.

*general system analytic approach*¹⁶, et qui a déjà atteint, en 1969, le niveau du manuel d'enseignement de la géographie¹⁷. Déjà, plusieurs thèses de doctorat ont été publiées à Chicago, et parmi celles-ci les travaux des candidats canadiens anglais sont très significatifs et assurent que le Canada d'expression anglaise est entré à son tour dans la course¹⁸. La lecture successive de ces travaux récents témoigne à l'évidence que la géographie est maintenant entrée dans un nouveau courant, que ce courant va quelque part, et qu'il doit déboucher sur une théorie générale des « géo-systèmes », telle que Brian Berry a su l'envisager dans ce que l'histoire de la géographie retiendra peut-être comme étant l'article le plus fondamental qui ait été écrit pour donner à notre discipline de nouvelles et solides assises phénoménologiques et méthodologiques, dépassant dialectiquement les contradictions apparemment insolubles du passé, et lui ouvrant un champ et des moyens de travail qui la réconcilient tout à la fois avec son passé et avec les exigences de son avenir¹⁹. Déjà, un chercheur particulièrement brillant, professeur à l'Uni-

¹⁶ HALL, A.D. et FAGEN, R.E., *Definition of System in General Systems*, I, pp. 18-28. 1956.

BOULDING, K., *General Systems Theory: the Skeleton of Science in General Systems I*, 1956, pp. 11-17.

BERTALANFLY, L.V., *An outline of General Systems in Physics and Biology*, British Journal of the Philosophy of Science, I, pp. 134-165, 1951.

KONECCI, E.B., *Space ecological systems*, in Schaffer, K.E., *Bioastronautics*, New York, 1964, pp. 274-304.

BLAUT, J.M., *Object and relationship in Professional Geographer*, 14, (6), 1962, p. 1-7.

BERRY, Brian B., *Cities as Systems within a System of Cities*, in *Regional Development and Planning*, édité par FRIEDMAN, J. et ALONSO, W., Cambridge, M.I.T. Press, 1964, p. 116-137.

STODDART, D.R., *Organism and ecosystem as geographical models* in CHORLEY, R. et HAGGETT, P., *op. cit.*, note 13b, p. 511-548.

BORCHERT, John R., *Geography and Systems Theory*, p. 264-272, in COHEN, Saul B., *Problems and Trends in American Geography*, Basic Books, New York, 1967, 298 p.

McDANIEL, Robert et HURST, Michael E., *A Systems Analytic Approach to Economic Geography*, Commission on College Geography, Publication n° 8, Association of American Geographers, Washington, 1968, 92 p.

PITTS, R.F., (ed.), *Urban systems and Economic Development. Papers and Proceedings of a conference on Urban Systems Research in Underdeveloped and Advanced Economies*. The School of Business Administration, University of Oregon, Eugene, Oregon, 1962, 126 p.

HEMMENS, George, *Urban Development Models*. Proceedings of a conference held June 26-30, 1967, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire. Special Report 97, 262 p.

McCARTHY, H.H. et LINDBERG, J.B., *A Preface to Economic Geography*, Prentice Hall, 1966, 261 p.

WARNERYD, Olof, *Interdependance in Urban Systems*, *op. cit.*, note 10b.

BERRY, Brian J.L., *Geography of Urban Systems*, *op. cit.*, note 15.

¹⁷ Commission on College Geography, Publication n° 8, *op. cit.*, note 16i.

¹⁸ SIMMONS, James W., *Toronto's Changing Retail Complex, A Study in Growth and Blight*, Research Paper No. 104, Department of Geography, The University of Chicago, Chicago, Illinois, 1966, 126 p.

SIMMONS, James W., *The Changing Pattern of Retail Location*, Research Paper No. 92, 1964, Department of Geography, Chicago, Illinois, 1964, 200 p.

BOURNE, L.S., *Private Redevelopment of the Central City: spatial processes of structural change in the City of Toronto*, Department of Geography, Research Paper No. 112, The University of Chicago, 1967, 199 p.

MURDIE, Robert A., *Factorial Ecology of Metropolitan Toronto, 1951-1961, An Essay on the Social Geography of the City*. Department of Geography, Research Paper No. 116, The University of Chicago, 1969, 212 p.

¹⁹ BERRY, Brian J.L., *A synthesis of Formal and Functional regions using a general field theory of Spatial analysis*, in BERRY, B.J.L. and MARBLE, D.S., *Spatial Analysis*, *op. cit.*, note 8, p. 419-428. (Article fondamental entre tous).

versité McGill de Montréal puis à Berkeley, ancien élève de Leslie King, a su explorer et tester les postulats de Berry, et ses résultats sont en cours de publication aux Presses de l'Université de Toronto ²⁰.

*
* * *

La conséquence la plus directe de la révolution quantitative, comme l'a bien vu Ian Burton ²¹, réside dans le développement d'une géographie théorique, se traduisant par la construction de modèles, dont les fondements reposent sur l'observation et la description de régularités. Celles-ci sont à la base de toute élaboration théorique et les modèles supposent leur existence. Inversement, les modèles sont le cadre qui seul permet d'exprimer les réalités découvertes dans leurs jeux complexes, la quantification et le langage mathématique étant les moyens d'exprimer les choses en modèles et de les généraliser.

Or les progrès de l'utilisation des modèles et de la géographie théorique ont été encore plus controversés que ceux de la géographie quantitative *stricto sensu*, sans doute parce que les critiques ne se sont pas assez penchés sur la nature de leur propre méthodologie dite empirique et qualitative.

Comme le remarque L. Curry ²², on oublie trop souvent que les études géographiques ne sont pas des descriptions du monde réel, mais plutôt des perceptions du réel doublement filtrées par l'auteur et par ses instruments d'argumentation et de représentation. Toutes nos descriptions de relations ou de processus sont des théories qui s'ignorent, des « *quasi-models* » ; mais une fois formalisées, on peut justement les qualifier de modèles. Tout géographe, du moment où il décrit un lieu, devient nécessairement sélectif, car il n'est pas possible d'avoir tout observé. De plus et surtout, au moment même de faire une sélection, il développe, consciemment ou non, une hypothèse ou une théorie, au sujet de ce qui a une certaine signification, l'homme étant l'inévitable mesure de toute signification. C'est pourquoi il sera toujours préférable, ne serait-ce que par humilité et honnêteté scientifique, de mesurer cette signification dans les faits observés. On voit comment et pourquoi la géographie quantitative et la géographie théorique se nourrissent l'une de l'autre : « Le besoin de développer des théories précède celui de la quantification, mais la quantification ajoute à ce besoin et offre en même temps une technique par laquelle la théorie se précise » ²³.

C'est pourquoi la géographie quantitative doit autant à la géographie théorique qu'inversement. Dans un monde sans théorie et sans modèle, il n'y a pas d'exception. Sans théorie, les faits n'ont aucune signification, le modèle théorique seul permet de faire ressortir plusieurs faits cachés, puisque seule la théorie donne une mesure aux faits exceptionnels et permet de les recon-

²⁰ GREER-WOOTEN, Bryn, *The Spatial Structure of the Urban Field*, Ph.D. Thesis, Department of Geography, McGill University, Montréal, mars 1968, 434 p. dactylographiées (en cours de publication aux Toronto University Press, 1970).

²¹ BURTON, Ian, *op. cit.*, note 1.

²² CURRY, Leslie, *Quantitative Geography*, The Canadian Geographer, vol. 11, 1967, p. 265-279.

²³ BURTON, Ian, *op. cit.*, note 1.

naître. C'est pourquoi les modèles peuvent être et sont d'excellents instruments permettant de reconnaître et de classer les faits d'observation empirique et de calculer et de prévoir les faits inconnus. En fait, révolution quantitative et révolution théorique sont parallèles en géographie. Les progrès de l'une et de l'autre se nourrissent mutuellement. La révolution théorique introduit alors la géographie déductive, comme l'induction statistique introduit la déduction statistique. L'induction statistique se définit comme étant l'ensemble des opérations et des raisonnements basés sur le calcul des probabilités et de la statistique mathématique par lesquels on passe des faits observés à la connaissance des lois qui les régissent, « en vue d'établir des prévisions ou de prendre des décisions avec un risque d'erreurs lié de manière probabiliste à la grandeur de cette erreur »²⁴. On voit le lien entre induction et modèle : le modèle, qu'il soit graphique²⁵ ou mathématique, est toujours une reconstruction du monde qui, dans certaines limites, obéit à une logique qui reconstitue celle du réel, et permet de ce fait de prévoir des mécanismes d'enchaînement, donc d'agir opérationnellement. La transformation actuelle de la géographie anglo-saxonne correspond donc bien à un nouveau paradigme (vision du monde et méthode scientifique d'analyser sa structure, de mettre en évidence sa cohérence), celui qui, en particulier, met l'accent sur les caractères opérationnels des concepts scientifiques et recommande donc l'utilisation des modèles²⁶. Comme l'a montré Liorzou²⁷, une simple corrélation partielle est déjà un modèle, c'est-à-dire « une relation mathématique tendant à expliquer la variabilité d'un phénomène mesurable par celles d'autres facteurs, également mesurables, et évidemment choisis pour leur valeur explicative ». En fait, les relations et les liaisons entre les divers éléments d'un ensemble donné n'étant jamais simples, on insiste de plus en plus sur l'existence de systèmes et de sous-systèmes de liaisons et de forces, que les modèles de plus en plus complexes et composites se donnent pour but de reconstituer expérimentalement, de comprendre, ou tout au moins de singer.

II. TRAMES, STRUCTURES ET SYSTÈMES

Les géographes anglo-saxons et scandinaves reconnaissent de plus en plus l'importance phénoménologique autant qu'opérationnelle de la notion de « système ». Un système est essentiellement un ensemble général d'objets, d'unités, d'éléments ou mieux de « composants » (régions urbaines, villes, unités de production, etc.), chaque élément possédant à un moment donné du temps et dans une position géographique définie (*time/space pattern*) un certain nombre de caractéristiques (taille de la ville, rang hiérarchique, importance de la zone d'influence ; âge de l'usine, taille, coût d'immobilisation, type de production, chiffre d'affaires), qualifiés d'attributs. L'ensemble des éléments ou des composants considérés constitue une « trame » ou une

²⁴ MORICE, E., *Dictionnaire de Statistiques*, Dunod, Paris, 1968, 196 p.

²⁵ REYMOND, H., *L'actualité des modèles graphiques en géographie humaine*, Cahiers de Géographie de Québec, n° 26, Septembre 1968, p. 177-216.

²⁶ CHORLEY, R. et HAGGETT, P., *Models, Paradigms and the New Geography*, Chapter One, p. 19-39, in CHORLEY, R. et HAGGETT, Peter, *op. cit.*, note 13b. Voir aussi le commentaire qu'a donné Paul Claval des ouvrages cités ci-dessus, note 13 dans la Revue de Géographie de l'Est, Tome VIII, n° 3-4, 1968, p. 392-395.

²⁷ LIORZOU, A., *Initiation pratique à la Statistique*. Gauthier-Villars, Paris, 1966 (6ème édition mise à jour), 310 pages.

« configuration » (*pattern*), les liens existant entre les éléments définissant la « structure » de la trame. Considérer les unités composantes et leurs attributs caractéristiques conjointement avec les relations et les liens de dépendance existant entre les unités et entre leurs caractéristiques, c'est faire l'analyse du « système ».

Encore une fois les progrès de la théorie des systèmes furent parallèles à ceux de la programmation linéaire et de la programmation par ordinateur. Plusieurs sortes de systèmes, ainsi que leurs fonctions, peuvent être simulées de façon globale et à grande vitesse sur les ordinateurs récents, puisqu'aussi bien l'ordinateur lui-même est un système ²⁸. L'application de l'analyse des systèmes permet alors aux chercheurs de suivre et de contrôler une grande variété de types d'organisations dynamiques, aussi bien dans les sciences de la nature que dans les sciences sociales : budgets fiscaux, distribution de marchandises de gros, processus manufacturiers, courants marins, etc... Toutes les disciplines semblent vouloir participer à l'étude et à la description des caractéristiques générales des systèmes, dont le concept devient le facteur commun fondamental à tous les efforts pluridisciplinaires. C'est l'espéranto méthodologique de la recherche scientifique.

Le langage s'est d'ailleurs vite enrichi, et, depuis les botanistes jusqu'aux spécialistes des sciences spatiales, on se comprend lorsqu'au terme « système » lui-même on ajoute les concepts redéfinis de « structures », de « flux », de « réseaux », d'« ouvert » et de « fermé », de « hiérarchies », de « d'état d'équilibre ». De plusieurs manières, la théorie des systèmes reformule des concepts d'organisation qui sont traditionnels en géographie, tout particulièrement dans la géographie régionale telle qu'illustrée par l'école française. Néanmoins l'analogie n'est qu'apparente. Ce qui était pour l'école française un point d'arrivée, la mise en évidence synthétique des rapports multiples expliquant la localisation et l'établissement des groupes humains dans leur cadre spatial, devient pour les spécialistes de la théorie des systèmes un point de départ. Il y a entre les notions synthétiques d'organisme fonctionnel, voire même d'organisation, qui ont cours dans la géographie française ou dans la géographie culturelle de Berkeley, et la notion de système dans la nouvelle géographie anglo-saxonne, la même différence qu'il y a entre les notions vitalistes et mécanistes en biologie ou en philosophie. C'est ce que montre avec clarté D.R. Stoddart dans son étude sur les analogies organiques en géographie ²⁹.

De Humbolt et Ritter à Vidal de la Blanche et Jean Brunhes (voire même à Pierre George et Jean Labasse, ce que Stoddart ne souligne pas), les analogies organiques ont été utilisées par les géographes, à différents niveaux et de plusieurs manières, chaque fois qu'ils découvraient des zones géographiques ou des faits géographiques possédant des propriétés de type organique, les villes en particulier. Ces propriétés, il ne vient à l'idée de personne de les nier. Il convient cependant de se demander si leur constat ne joue pas trop souvent le rôle d'une fin en soi dans la recherche géographique. En fait si le thème de l'unité organique peut être tout à fait légitime dans la réflexion normative (ainsi, par exemple, dans les réflexions que les processus actuels

²⁸ BORCHERT, J.R., *op. cit.*, note 16h.

²⁹ STODDART, D.R., *op. cit.*, note 16g.

de la croissance des villes inspirent à Pierre George³⁰ ou Lewis Mumford³¹, dans la description et l'explication ce thème n'est satisfaisant qu'au niveau superficiel. Car, comme le remarque Stoddart, s'il a l'apparence d'être une vue profonde des choses, « il ne pose pas de questions et de ce fait n'obtient pas de réponses. L'hypothèse vitaliste ne peut être testée par l'observation, car les définitions vitalistes sont plus métaphysiques qu'opérationnelles dans leur nature profonde. La qualité de l'explication se situe à un niveau différent de celui qui est normalement accepté dans les sciences physiques et biologiques ». L'utilisation de termes tels que « quasi-organisme » ou « super-organismes » déplace tout simplement le problème de la définition et n'aide en rien à la recherche actuelle, puisqu'ils représentent des conceptions synthétiques finales et non point des conceptions analytiques de départ comme c'est le cas pour les « systèmes ». Siddal a montré finalement³² que le concept d'organisme et d'unité organique est largement sinon entièrement « idiographique », c'est-à-dire qu'il ne débouche que sur la description du particulier et du spécifique et que, de ce fait, il ne peut pas, ou presque pas, contribuer au progrès d'une science par ailleurs toujours plus « nomothétique », c'est-à-dire toujours plus à la recherche des lois et de leur interprétation. En revanche, à travers les propriétés des ensembles généraux, la recherche géographique revient dans le royaume des sciences naturelles et permet aux géographes de participer aux révolutions scientifiques de ce siècle, dont la position exceptionnaliste kantienne les avaient exclus. Les systèmes pouvant être interprétés dans les termes de la cybernétique, il apparaît enfin que, tout en donnant à la géographie une méthode unique et analogue à celle des autres disciplines de progrès, cette nouvelle approche a surtout l'avantage de pouvoir utiliser les ressources de la cybernétique, de la théorie de l'information et des communications, ainsi que les techniques mathématiques qui leur sont liées, voire même les techniques de simulation. On voit les implications que de telles perspectives ont pour la géographie appliquée et prospective.

Dans le rapport qu'il a remis à l'Académie Nationale des Sciences des Etats-Unis, le *Comité Ad Hoc sur la Géographie*, présidé par E.A. Ackerman et composé de B. Berry, R.A. Bryson, S.A. Cohen, E. Taaffe, W. Thomas Jr. et G. Wolman, a justement montré que, quels que soient les domaines de la recherche géographique (théorie de la localisation, géographie physique, géographie culturelle et géographie politique) et quelles que puissent être les spécialisations régionales, les géographes étudient des « systèmes spatiaux, c'est-à-dire des ensembles d'éléments distincts mais tellement reliés entre eux et à différents segments de la surface terrestre qu'un changement dans n'importe lequel de ces éléments se traduit par un changement dans tous les autres ». En fait le seul système complet est formé par la surface de la terre elle-même, et par l'ensemble des interactions unissant ses éléments et ses processus physiques, biologiques et culturels. L'ensemble de l'écosystème terrestre a ainsi été qualifié d'écosphère par Cole en 1958, à partir « d'écosystème » et de « biosphère ». Mais évidemment les chercheurs ne peuvent appréhender globalement un système aussi complexe que celui-là, et c'est

³⁰ GEORGE, Pierre, *Géographie et Urbanisme*, in *Annales de Géographie*, déc. 1965, p. 641-660.

³¹ MUMFORD, Lewis, *La Cité à travers l'histoire*. Seuil, 1964, 781 p.

³² SIDDAL, W.R., *Idiographic and nomothetic geography. The application of some ideas in the philosophy of history and science to geographic methodology*, Ph.D. thesis, University of Washington (Seattle), cité par STODDART, D.R., *op. cit.*, note 16g.

pourquoi ils sont forcés d'identifier des sous-systèmes assez limités dans leur extension pour permettre une analyse utile. Les différents types de sous-systèmes que le géographe aura à étudier seront justement ceux qui sont spatialement interreliés. C'est pourquoi la géographie peut être décrite comme une analyse des systèmes spatiaux, *a spatial system analysis* ³³.

Stoddard a remarqué que ces systèmes possèdent plusieurs des propriétés structurelles des modèles théoriques et qu'une première approximation de la structure d'un système peut être atteinte en construisant un modèle, « par la sélection, la simplification et la mise en ordre de l'information statistique à une série de niveaux différents. Ainsi des systèmes peuvent-ils être construits au niveau de l'ossature (hiérarchie des établissements, réseau de transport) ou tout simplement comme systèmes cybernétiques simples (par exemple le mécanisme de l'offre et de la demande) ou à un niveau plus complexe, celui des systèmes sociaux et des organismes vivants ». Souvent, remarque encore Stoddard, dans le cas des systèmes les plus complexes, le système doit être considéré à un niveau de complexité bien inférieur, dans l'espoir de mieux appréhender les problèmes, là où les données sont trop embrouillées, ou les techniques inadéquates pour permettre une compréhension complète, et évidemment lorsque le problème lui-même n'a pas été suffisamment défini.

Ce sera justement la tâche du géographe de découvrir les aspects de la réalité qui sont significatifs au niveau auquel le système est conçu, et si le système est bien mis en évidence, son analyse permettra alors de poser de nouveaux problèmes à la géographie et de ce fait de chercher de nouvelles réponses. Encore faut-il que la géographie sache caractériser objectivement et quantitativement les composantes d'un système, les attributs de ces composantes et les liens qui les unissent entre eux et avec ces composantes. Encore faut-il que le géographe ait une puissance de réflexion qualitative suffisante pour découvrir par induction les cadres généraux d'une problématique à laquelle les concepts liés à l'analyse des systèmes puissent s'appliquer. Dans les deux cas, l'oeuvre de Brian Berry et de ses élèves paraît primordiale, une fois reconnue l'impulsion donnée par W. Garrison.

III. GÉOGRAPHIE MATHÉMATIQUE ET MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

La révolution quantitative va évidemment de pair, au niveau des techniques, avec l'utilisation des ressources de l'ordinateur, tant pour conduire les analyses que pour cartographier automatiquement les résultats (procédé Sy-map) ; Richard C. Kao a donné en 1963 une première analyse de l'impact que l'usage des ordinateurs a eu et aura sur la recherche géographique ³⁴. Les géographes français, familiers de l'enquête sur le terrain, du contact hu-

³³ ACKERMAN, E.A. (ed.), *The Science of Geography*, Washington, D.C., National Academy of Sciences — National Research Council, 1965.

JAMES, Preston E., *Continuity and Change in American Geographic Thought*, p. 3-14, in COHEN, Saul B., *Problems and Trends in American Geography*, Basic Books, New York, 1967, 298 p.

COLE, L., *The ecosphere*, Scientific American, 198 (4), 1958, p. 83-92.

³⁴ KAO, Richard C., *The Use of computers in the processing and analysis of geographic information*, Geographical Review, 53, 1963, p. 530-547, reproduit dans BERRY, B. et MARBLE, D.S., *op. cit.*, note 8.

main et direct avec le paysan, comprendront immédiatement qu'en s'attaquant à des milieux urbains, ce qui était possible en interrogeant 200 personnes ne l'est plus lorsque l'on doit décrire des comportements d'ensembles nombreux. Il faudrait des années et des années pour tirer un parti significatif d'un questionnaire tant soit peu élaboré en milieu urbain, non seulement pour obtenir des résultats bruts et des comparaisons, mais pour mettre en corrélation les variables dont le comportement fait l'objet de notre étude avec toutes celles que nous pouvons recueillir en même temps et qui s'y associent statistiquement. Le recours à l'ordinateur est donc indispensable pour obtenir dans une étude urbaine une connaissance des individus et de leur comportement analogue à celle obtenue par les premiers maîtres de la géographie française grâce à l'enquête directe sur le terrain. Le renouveau statistique va donc de pair avec le renouveau documentaire. S'il est vrai que la quantification en elle-même et pour elle-même n'a guère de signification, elle est en revanche un excellent instrument, insuffisant, mais nécessaire, de meilleure qualification d'une situation écologique. C'est pourquoi il serait vain aujourd'hui de vouloir opposer, dans une sorte de dichotomie, la géographie qualitative et la géographie quantitative. Ce serait vouloir opposer l'objet et l'un des instruments. Pour une bonne part, les études nord-américaines sont simplement des extensions quantitatives d'analyses cartographiquement conçues et exécutées. L'essentiel du changement apporté réside en ce que, avec le regain d'intérêt pour les études de localisation spatiale par la méthode géographique, les moyens mathématiques et techniques sont donnés aux chercheurs pour qu'ils puissent comparer efficacement et avec le maximum de rigueur les faits observés dans leur distribution, analyser les modalités de leurs associations et de leurs groupements, et par là définir les complexes d'ensembles spécifiques dont les variations et les interactions spatiales sont à la base de la différenciation des aires et de la régionalisation. Tout cela ne revient-il pas au fond à ré-évaluer scientifiquement les problèmes de la géographie classique ?

L'analyse statistique raffinée, combinée aux ressources des ordinateurs, permet cependant d'aller beaucoup plus loin. Si, au niveau de la description des phénomènes élémentaires de répartition, les calculs de tendance centrale et de dispersion peuvent être suffisants à qualifier une situation, beaucoup plus intéressants sont les procédés permettant de formaliser les distributions et surtout de comparer la distribution et la structure des différents phénomènes. Deux séries de méthodes sont alors possibles : d'une part, la mesure du degré de leur dépendance réciproque, c'est-à-dire l'intensité de la corrélation associant à la variation d'un phénomène une variation positive ou négative d'un autre, ou de plusieurs autres phénomènes, d'autre part en cherchant à caractériser la disparité totale entre deux ou plusieurs distributions (corrélation de rang, test du chi carré et tests de variance différentielle F.) Le procédé le plus connu est actuellement la matrice de corrélation qui permet déjà de répondre à une question essentielle dans la description géographique : parmi toutes les variables s'associant à la variation de tel phénomène, quelle proportion de la variation peut-on attribuer à telle autre variable en particulier ? Les résultats n'impliquent évidemment pas une relation de cause à effet, mais plutôt des associations. La matrice de corrélation n'en est pas moins un excellent moyen d'investigation géographique, un indicateur de recherches, permettant d'étudier simultanément plusieurs hypothèses et de trier parmi toutes les directions à suivre. Les tests d'homogénéité et de disparité (chi carré et variance F) sont tout aussi utiles dans l'analyse géographique, puisque celle-ci, si elle est traditionnellement étude de corréla-

tions et de combinaisons, est aussi étude des variations spatiales de ces combinaisons, donc de la succession dans l'espace des zones homogènes et hétérogènes. Leonard Zabler l'a bien compris,³⁵ en utilisant en pionnier ces tests non-paramétriques³⁶ pour tester la validité des limites régionales, voire pour fonder son argumentation sur le choix de nouvelles limites.

Malheureusement, tous les ouvrages de statistique descriptive s'arrêtent en deça du moment où les techniques de quantification deviennent vraiment intéressantes pour le géographe. C'est quand elle devient mathématique, c'est-à-dire quand elle s'appuie sur des modèles de liaison mathématique, que la statistique devient explicative, qu'elle permet à la quantification de mieux qualifier une situation écologique. La nature des choses fait que la géographie est synthétique parce qu'elle étudie des synthèses qui expriment des rapports toujours multiples et récurrents. D'où l'essor de l'utilisation, par les géographes de la nouvelle frontière, des techniques de la *multivariate analysis*, en particulier la régression multiple et l'analyse factorielle. Ces techniques ont fait en France leur première apparition dans les Cahiers de l'I.A.U.R.P. en 1965, sans que les géographes français paraissent accorder la moindre importance au progrès réalisé, sans doute parce que la méthode n'a pas été exploitée à fond, et que les résultats n'ont guère été reliés à la problématique générale du développement urbain³⁷, plus probablement à cause de leur profonde méfiance des modèles mathématiques et de leur triste situation au niveau des moyens techniques dont ils savent bien ne pas pouvoir disposer dans un avenir prévisible, du moins d'une façon généralisée.

L'analyse dite de régression multiple cherche parmi plusieurs, voire un grand nombre de variables indépendantes, celles qui en s'associant expliquent au maximum et par ordre d'importance réciproque la variation d'un petit nombre de variables que l'on aura qualifiées de dépendantes, par exemple le rythme d'urbanisation, l'importance des revenus perçus, le pourcentage de logements appropriés plutôt que loués... Si les résultats sont forcément fonction du choix des variables indépendantes dont on aura nourri l'ordinateur, il est évident que de telles méthodes, si elles sont précédées d'hypothèses rationnelles guidant le choix des variables, tout à la fois aident au cheminement de la réflexion explicative, mais encore testent la validité concrète des liaisons induites de la seule réflexion qualitative. Or les pionniers suivent déjà, par analogie, d'autres directions qui se sont avérées fécondes dans d'autres domaines scientifiques, essentiellement mathématiques, physiques et psychologiques. C'est le cas de l'analyse factorielle qui, avec l'analyse de régression multiple par étape, ou combinée à la régression multiple, est, depuis 1965 en tous cas, au coeur de la plupart des études de pointe effectuées au niveau du doctorat aux Etats-Unis en géographie sociale et en géographie des comportements, tout particulièrement à l'Université de Chicago, sous la direction de B. Berry, et d'Ohio sous la direction de Leslie King, mais aussi à Toronto, où les jeunes représentants de la génération issue de l'enseignement de B. Berry ont déjà produit des oeuvres significatives si

³⁵ ZOBLE, Leonard, *Decision Making in Regional Construction*, Annals, A.A.G., n° 2, 1958, p. 140-148.

³⁶ SIEGEL, Sidney, *Nonparametric Statistics for the behavioral Sciences*, McGraw Hill, New York, 1956, 312 p. L'ouvrage de Cole et King, *op. cit.*, note 11, insiste tout particulièrement sur l'intérêt des statistiques nonparamétriques.

³⁷ I.A.U.R.P. (Cahiers de), *Comparaison et classification des communes de l'agglomération parisienne*, Vol. 3, 1965, 102 p. (Etude de Madame C. Taisne-Pantevin).

tant est que l'on puisse parler de nouvelle génération quand le maître aura 40 ans en 1973 ^{38, 39}.

Le progrès est dans ce domaine fondamental. Il suffit de lire les articles que Brian Berry a consacrés dès 1960 à l'analyse des critères de sous-développement d'abord ⁴⁰, puis à l'analyse du degré d'urbanisation dans le monde ⁴¹ ensuite, pour s'en rendre compte. Depuis, les articles et les ouvrages utilisant les différentes techniques d'analyse factorielle se multiplient ⁴² et, aux Etats-Unis et en Angleterre, le procédé a rejoint les pages des *text-books* de géographie, ⁴³ alors qu'en France, au sein même des ouvrages d'initiation à la statistique, seule la dernière édition du Liorzou ⁴⁴ lui donne droit de cité, et encore sous sa forme la plus sommaire, en renvoyant à l'ouvrage que T. M. Faverge a consacré aux méthodes statistiques en psychologie appliquée ⁴⁵. Pourtant, le concept fondamental de l'analyse factorielle, celui des facteurs latents, date de 1880 et les premiers modèles de Spearman, de 1904. Les psychologues français ne les ignoraient évidemment pas. L'ouvrage de G. H. Thompson, *L'Analyse factorielle des aptitudes humaines*, fut publié en langue anglaise en 1948 et traduit en français en 1950 ⁴⁶. Mais la meilleure initiation que l'on puisse trouver à l'analyse factorielle en langue française est à chercher dans l'ouvrage de P. Nayrac, publié en 1951 à Paris ⁴⁷. Le texte de l'ouvrage est remarquable, simple, lisible par les néophytes, et surtout il pose les problèmes en les restituant dans l'évolution de la psychométrie. De ce fait, d'une part, il emporte assez facilement l'adhésion intellectuelle du lecteur et, d'autre part, il nous permet de comprendre

³⁸ Cf. note 18.

³⁹ Voir par ailleurs :

SIMMONS, James W., *Changing residence in the City: a review of intraurban mobility*, Geographical Review, October 1968, p. 622-651. Aussi, BOURNE, L.S., *Market location and site selection in apartment construction*, Le Géographe Canadien n° 4, 1968, p. 211-226.

⁴⁰ BERRY, Brian J.L., *An Inductive Approach to Regionalization of Economic Development*, in *Essays on Geography and Economic Development*, Research Paper No. 62, Department of Geography, University of Chicago, 1960, p. 78-107.

⁴¹ BERRY, Brian J.L., *City Size Distributions and Economic Development*, in *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 9, p. 573-588. Reproduit dans FRIEDMAN, J. et ALONSO, W., *Regional Development and Planning*, op. cit., note 16f.

⁴² Voir en particulier trois articles plus récents et très significatifs :

KING, Leslie J., *Cross-Selectional Analysis of Canadian Urban Dimensions: 1951 and 1961*, Canadian Geographer, Vol. 10, 1966, p. 205-224.

BERRY, Brian J.L., *Grouping and Regionalizing: an approach to the problem of Using Multivariate Analysis*, in GARRISON, W.L. et MARBLE, D.S., *Quantitative Geography*, Part I, op. cit., note 9, p. 219-251.

RAY, Michael D., et BERRY, Brian J.L., *Multivariate Socio-Economic Regionalization: A Pilot Study in Central Canada*, in OSTRY, S. et RIMES, T., *Papers on Regional Statistical Studies*, Toronto, University of Toronto Press, 1967, p. 75-122.

BERRY, Brian J.L., *Essays on Commodity Flows and the Spatial Structure of the Indian Economy*, Department of Geography, Research Paper No. 111, Chicago, University of Chicago, 1966, 334 p.

⁴³ COLE, J.P. et KING, C.A.M., op. cit., note 11.

KING, Leslie, op. cit., note 5.

⁴⁴ LIORZOU, A., op. cit., note 27.

⁴⁵ FAVERGE, J.M., *Méthodes statistiques en psychologie appliquée*, Tome second, Bibliothèque Scientifique Internationale, P.U.F., Paris, 1962, p. 220-246.

⁴⁶ THOMSON, G.H., *L'analyse factorielle des aptitudes humaines*. Traduit d'après la troisième édition anglaise par Pierre NAVILLE. Bibliothèque Scientifique Internationale, P.U.F., 1950, 421 p.

⁴⁷ NAYRAC, P., *Composantes et facteurs, Méthodes pour le dégagement des concepts généraux en psychologie quantitative*. Hermann, Paris, (Actualités scientifiques et industrielles 1138), 1951, 103 p.

pourquoi la géographie française est restée à l'écart du mouvement : l'analyse factorielle est une application des calculs de corrélations et le livre débute par l'étude des corrélations. Malheureusement, tous les ouvrages de statistiques descriptives se terminent par l'analyse, très succincte dans la plupart des cas, de la notion de corrélation.

Cependant, les méthodes d'analyse factorielle se sont bien améliorées et diversifiées et, à cet égard, les ouvrages cités disponibles en français sont maintenant largement dépassés. Une fois lu le Nayrac il vaut mieux s'adresser à Cattell ⁴⁸ pour une réflexion moderne sur les ressources des différentes méthodes et à Harman ⁴⁹ pour une initiation technique complète, l'ouvrage de Morrisson ⁵⁰ ayant quant à lui l'avantage d'offrir une initiation complète à l'ensemble de toutes les techniques d'analyse multivariées, dont la régression multiple.

L'analyse factorielle est une méthode d'étude simultanée des interrelations complexes pouvant exister entre plusieurs variables (par exemple les caractéristiques relevées lors d'un recensement de population), mesurées pour plusieurs observations différentes, (par exemple les secteurs de recensement), et résumant les relations importantes sous forme d'un petit nombre de configurations de base appelées « facteurs ». La technique, développée initialement par les psychologues à l'aube du présent siècle comme moyen d'analyser les résultats des tests d'intelligence, se présente très exactement comme une induction quantitative.

Comme le remarque Robert Murdie dans sa thèse ⁵¹, les statisticiens tardèrent à apporter de l'intérêt à la méthode et encore aujourd'hui certains ne manquent pas d'apporter quelques réserves, comme nous avons pu nous-même le vérifier en France. Mais, depuis 1930, l'analyse factorielle fut combinée avec l'algèbre matricielle et s'appuya sur des modèles mathématiques plus fermes. Après la deuxième guerre mondiale, l'utilisation généralisée des ordinateurs facilita grandement son utilisation pour résoudre en particulier les problèmes qui se posent aux analystes de la société urbaine, c'est-à-dire ceux qui nécessitent le maniement d'un grand nombre de variables et d'observations et qui, de ce fait, réclament un traitement mathématique complexe et long, qui nécessitent surtout de faire un choix parmi la masse de l'information afin d'en retenir les éléments significatifs. C'est pourquoi l'utilisation de la technique s'est brusquement généralisée dans les différentes disciplines autres que la psychologie, tout particulièrement la sociologie, la science politique et la géographie.

Les géographes l'ont maintenant déjà utilisée pour l'étude de la régionalisation économique, pour la régionalisation climatique, pour la classification des villes, pour la régionalisation des zones urbaines, pour l'analyse des structures des réseaux de circulation des marchandises ⁵² et plus récem-

⁴⁸ CATTELL, Raymond B., *Factor Analysis : An Introduction to Essentials*, Biometrics, XXI, March and June, 1965, p. 190-215 et 405-435.

⁴⁹ HARMAN, H.H., *Modern Factor Analysis*, 2ème édition révisée, Chicago, University of Chicago Press, 1967.

⁵⁰ MORRISON, D.F., *Multivariate Statistical Methods*, McGraw Hill, New York, 1967.

⁵¹ MURDIE, Robert A., *op. cit.*, note 18d.

⁵² Cf. bibliographie de Robert Murdie, *op. cit.*, note 18d, pages 68, 69 et 209, 210 et 211, ainsi que la bibliographie de l'ouvrage de Leslie KING, *op. cit.*, note 5.

ment pour l'analyse de la structure du commerce de détail dans les zones métropolitaines⁵³, et de plus en plus pour tout ce qui ressort de l'écologie factorielle et plus généralement de la géographie sociale, c'est-à-dire pour l'étude géographique de l'espace social⁵⁴. Pourtant, entre 1954 et 1965, parmi toutes les dissertations de doctorat qui furent déposées dans les Départements de géographie des Etats-Unis, cinq seulement utilisaient l'analyse factorielle, tandis que trois articles s'appuyaient sur cette technique parmi tous ceux publiés dans les principales revues géographiques du pays⁵⁵. Depuis, cependant, l'utilisation de la méthode se généralise à un point tel qu'il deviendra de plus en plus difficile dans les années à venir d'obtenir une bourse doctorale, et à fortiori une subvention de recherche post-doctorale, en matière urbaine en particulier, si l'on ne montre pas patte blanche et factorielle. La thèse de Robert Murdie présente à cet égard tout à la fois une introduction simple à la nature de la méthode, et une très convaincante illustration de ses résultats. Nous lui empruntons ce qui suit et le traduisons librement.

Son modèle d'analyse factorielle, évidemment programmé sur ordinateur, parcourt les séquences logiques suivantes, dans lesquelles on reconnaîtra la direction de Brian Berry⁵⁶.

a) La réalisation d'une matrice X groupant et mesurant pour n secteurs de recensement les m variables les caractérisant. Lorsque c'était nécessaire, l'information statistique était préalablement transformée en données logarithmiques ou subissait d'autres transformations (ne serait-ce que la mise en pourcentage), de façon à assurer tout à la fois leur caractère linéaire et leur normalité.

b) La matrice d'information statistique X est remplacée alors par une matrice Z standardisée donnant pour chacune des n observations sur les m variables des indices standardisés.

c) A partir de cette matrice standardisée Z une matrice de corrélation R ($m \times m$) est calculée, montrant les coefficients de corrélation simple entre chacune des variables et toutes les autres variables.

d) En théorie, l'objet du modèle d'analyse factorielle est alors de transformer cette matrice de corrélation R en une matrice A exprimant les saturations de chacune des variables m par les facteurs r , quand $m=r$. En pratique le programme n'extrait de la matrice R que les principales tendances, « composantes » ou facteurs. Les éléments de la matrice A sont appelés « saturations des facteurs » et sont équivalents à la corrélation entre les facteurs et les variables originales. Comme les coefficients de corrélation, ces saturations prennent des valeurs se situant entre $+1$ et -1 . La somme des carrés des saturations obtenues pour chaque facteur indique alors la proportion de la variance totale de l'information originale imputable à chacun des facteurs. Ceux-ci sont extraits suivant leur ordre d'importance décroissant et sont par essence orthogonaux, c'est-à-dire indépendants et non reliés. Technique-

⁵³ BERRY, Brian J.L., *The Retail Component of the Urban Model*, The A.I.P. Journal, may 1965.

⁵⁴ BUTTIMER, Anne, *Social Geography*, International Encyclopedia of the Social Sciences, VI, 1968, p. 134-145.

⁵⁵ LAVALLE, Placido, McCONNEL, H. et BROWN, R.G., *Certain Aspects of the Expansion of Quantitative Methodology in American Geography*, Annals, A.A.G., LVII, June 1967, p. 423-436.

⁵⁶ BERRY, Brian J.L., *op. cit.*, note 19.

ment ce résultat est obtenu pour chaque facteur l'un après l'autre. Le facteur expliquant le maximum de la variation totale est d'abord extrait et une matrice résiduelle contenant le reste de la variance est alors formée. Un second facteur est alors extrait de la matrice résiduelle et ainsi de suite jusqu'à ce que la variation totale de la matrice R ait été totalisée.

e) Une des difficultés est alors d'identifier, ou en tout cas de donner une signification quelconque, aux nouveaux facteurs latents déterminés, à la lumière de l'information statistique originale. Le problème se pose, car les variables peuvent être saturées assez également avec plusieurs facteurs plutôt que d'entrer en corrélation avec le plus petit nombre possible de facteurs. En fait la matrice A , dite des saturations, ne présente pas une solution unique et mathématiquement, à travers la transformation de cette matrice, un nombre infini de matrices d'ordre $m \times r$ peut être obtenu. C'est pourquoi les facteurs sont transformés ou analysés par rotation, de telle sorte que chaque variable aura la plus forte saturation possible sur un facteur et une saturation nulle ou approximativement nulle sur les autres facteurs. Cette solution correspond à ce que Thurstone (un des pères de la méthode), appelle la « structure simple » ou encore la « structure la plus simple ». C'est le rôle que joue le programme *Varimax* dans l'ordinateur.

f) La sixième séquence logique du travail correspond donc à la manipulation mathématique de la rotation de matrice, au calcul des pourcentages d'explication de chaque facteur et surtout au calcul des pointages réalisés par chaque observation pour chaque facteur, c'est-à-dire la transformation de la matrice standardisée Z en une matrice $F (n \times r)$ exprimant les *factors scores*. Ces pointages sont habituellement normalisés, c'est-à-dire ramenés à une moyenne de zéro et à un écart-type de un. Ils procurent une mesure directe du poids de chacun des nouveaux facteurs dans chacune des observations, par exemple, dans chacun des secteurs de recensement. Ces poids, ou pointages, ou *factors scores*, sont évidemment cartographiables, et c'est ainsi que les cartes réalisées à partir de l'analyse factorielle, le plus souvent directement grâce au procédé Symap, sont très exactement des cartes structurelles, fondées sur la découverte, au sein de chacune des structures spatiales étudiées, de l'élément, ou des éléments catalyseurs responsables de la structure d'ensemble.

Si les géographes anglo-saxons ont découvert dans l'analyse factorielle une véritable panacée, c'est d'abord parce qu'elle répond d'une manière terriblement efficace et standardisée (les programmes pour les ordinateurs existent dans toutes les bonnes universités et s'échangent sans difficulté), tout à la fois aux nécessités de la recherche inductive dans la description des combinaisons spatiales et de la quantification des résultats. Elle permet surtout, comme l'analyse des corrélations d'ailleurs, mais beaucoup plus efficacement, de résoudre véritablement des problèmes et de tester les résultats, c'est-à-dire de suppléer à l'expérimentation par une confrontation judicieuse des observations. Comme le remarquait Liorzou à propos des corrélations (et on verra que le raisonnement est encore beaucoup plus vrai pour l'analyse factorielle), à la démarche des sciences expérimentales :

observation \rightarrow hypothèse \rightarrow expérimentation

est venu se substituer le processus :

observation \rightarrow hypothèse \rightarrow traitement statistique des observations

Evidemment, le choix des variables explicatives devra toujours être guidé, à priori, par une hypothèse rationnelle ; l'analyse de régression ou l'analyse factorielle permettront ensuite de tester la valeur de chacune d'elles, puis de retenir la combinaison la plus simple et la plus efficace. On peut même utiliser l'analyse factorielle comme préalable à toute étude, pour guider avec assurance le choix des hypothèses rationnelles, puis utiliser soit la régression multiple, soit les tests de variance, soit la simple cartographie des points obtenus par chaque observation dans chaque facteur pour mesurer la validité du résultat.

Déjà en 1961, une étude combinant les techniques de l'analyse factorielle et de la régression multiple pour les appliquer aux problèmes d'interprétation des structures des finances municipales s'était signalée par sa clarté et la qualité des résultats⁵⁷. Cette étude portait sur les finances municipales de 64 communautés de moyenne importance du New Jersey, à partir de données de 1955. Son objet était évidemment d'expliquer le comportement de variables fiscales, exprimant en dollars les dépenses affectées aux différents services, administration générale, protection contre l'incendie, police, voirie, . . . et d'indices synthétiques de ces dépenses : le *tax effort* d'une part, exprimant le rapport entre les taxes locales frappant les propriétaires et la valeur estimée des propriétés taxables, le total des dépenses locales d'autre part. Pour expliquer ces variations, l'auteur a judicieusement choisi vingt variables socio-économiques en fonction de leurs liaisons supposées avec les phénomènes fiscaux : population, changement procentuel de la population dans la décennie, surface en milles carrés, densité nette, saturation de la capacité résidentielle en %, pourcentage de résidences multifamiliales, pourcentage de terrain consacré à l'industrie, évaluation totale des propriétés résidentielles, évaluation totale des propriétés commerciales, évaluation des terrains vacants, aide de l'Etat aux municipalités, puis quelques variables caractérisant la structure par âge de la population, la structure des revenus, et la situation scolaire.

Une analyse factorielle a permis alors de dégager, de ces vingt séries de variations différentes, dix facteurs principaux permettant de définir avec précision sept indices couvrant à eux seuls 96% de la variance totale. Ces facteurs définissent alors l'importance de la communauté (1er facteur, essentiellement lié à la population, à la valeur des propriétés et à l'importance de l'aide gouvernementale), puis l'industrialisation, (indice reflétant l'importance du terrain consacré à l'industrie et la valeur des propriétés commerciales), la densité d'habitation, l'âge, la prédominance des faibles revenus, l'opulence résidentielle (cet indice regroupe les faits de revenu, de degré d'éducation, etc . . .) et le terrain en réserve, c'est-à-dire le potentiel de terrain utilisable. De vingt attributs spatiaux, on est donc passé à sept, et c'est avec sept indices que l'auteur étudie les corrélations entre facteurs et variables fiscales considérées comme variables dépendantes, les indices jouant le rôle de variables indépendantes. Ainsi ces variables dites dépendantes sont comparées aux indices socio-économiques et, pour chaque variable de fiscalité et de dépense municipale, l'auteur peut définir une relation mathématique avec les sept indices socio-économiques. Comme le

⁵⁷ WOOD, Robert C., *The Application of Factor Analysis to municipal Finance*, (with Vladimir V. ALMENDINGER), in *1400 Governments, The Political Economy of the New York Metropolitan Region*, Harvard University Press, Cambridge, 1961, 267 p.

remarque Michel Barcelo dans son commentaire à ce travail ⁵⁸, « si l'on compare ces résultats avec la matrice de corrélations directes entre les variables socio-économiques et les variables fiscales, on voit que les résultats obtenus par l'intermédiaire de l'analyse factorielle sont beaucoup plus significatifs et surtout beaucoup plus faciles à interpréter ».

Dans son article sur les composantes commerciales du modèle urbain ⁵⁹, Brian Berry utilise indépendamment l'analyse factorielle et l'analyse de régression. La seconde lui permet d'étudier les relations entre ses variables et de donner ainsi une formulation mathématique des rapports existant pour les centres commerciaux planifiés, entre par exemple leurs fonctions (nombre de types différents d'entreprises dans le centre commercial) et le nombre d'établissements de détail qu'ils comportent, puis entre ce nombre et la superficie totale, etc... La seconde lui permet aussi de vérifier la qualité des variables choisies et surtout leurs possibilités de collinéarité, dans le but de construire un modèle descriptif. Mais ce que les spécialistes ont surtout remarqué, c'est la façon dont ont été choisies les variables de base, qui allaient être testées par l'analyse factorielle. Deux d'entre elles en effet sont déjà des résultats d'analyses factorielles, ainsi la variable « classe sociale », qui résulte d'un pointage factoriel provenant d'une première dimension extraite d'une analyse factorielle portant sur des données socio-économiques, et la variable « classe familiale », qui elle aussi exprime un pointage factoriel provenant d'une seconde dimension extraite de la même analyse factorielle. Avant de calibrer définitivement son modèle descriptif, l'auteur vérifie alors que ses équations ont un caractère général et peuvent s'appliquer à n'importe quel groupe de centre commercial de la ville de Chicago, indépendamment du nombre d'individus considérés. De tels travaux suivent bien la démarche des sciences expérimentales.

On ne peut encore dire que la pratique en est devenue courante, mais elle a été très clairement perçue par Berry et quelques-uns de ses élèves. Elle permet en effet de tester la validité des résultats d'un modèle élaboré empiriquement. Les composantes découvertes par l'analyse factorielle jouent le rôle de variables indépendantes dans une analyse de régression multiple par étapes cherchant à expliquer le comportement d'une succession de variables dépendantes. On aboutit ainsi à toute une série d'équations de régression, donnant une mesure quantitative de chaque élément d'un système spatial donné. Les pointages factoriels se présentent alors comme les différents attributs spatiaux. Les composantes découvertes peuvent également être testées d'une autre manière, dans leur comportement spatial par la cartographie des pointages obtenus sur les facteurs par chaque observation, par une analyse de variance recherchant leurs modes de distribution dans telle ou telle configuration géométrique : secteurs, zones concentriques, gradient. Ce sont de telles possibilités qui ont conduit Brian Berry à élaborer sa théorie générale des champs spatiaux regroupant les concepts de régions homogènes ou formelles et de régions fonctionnelles (nodales ou polarisées) en une seule théorie générale des structures et des comportements spatiaux ⁶⁰. Ce sont ces concepts qu'ont étudiés avec un immense succès

⁵⁸ BARCELO, Michel et MICHERON, Jean-Gabriel, *Résumé de quelques applications de l'analyse factorielle à l'étude des problèmes urbains et régionaux*, document ronéoté, Université de Montréal, 1969, 32 p.

⁵⁹ BERRY, Brian J.L., *op. cit.*, note 53.

⁶⁰ BERRY, Brian J.L., *op. cit.*, note 19.

Robert Murdie (sous la direction de Brian Berry) ⁶¹ et Bryn Greer-Wooten (sous la direction de Leslie King) ⁶², à des échelles différentes mais complémentaires, à l'occasion de thèses de doctorat qui feront date et qui ouvrent à la géographie des perspectives sans commune mesure avec ce qu'il faut déjà appeler les premiers balbutiements de la géographie quantitative. Leurs travaux ouvrent en effet de nouveaux horizons. La première thèse illustre remarquablement les voies suivant lesquelles la géographie théorique et la géographie empirique d'une part, la géographie inductive et la géographie déductive d'autre part, peuvent se réconcilier ; la seconde explore pour la première fois, tout à la fois concrètement et théoriquement, les perspectives ouvertes par la théorie du champ spatial de Berry.

IV GÉOGRAPHE INDUCTIVE ET GÉOGRAPHIE DÉDUCTIVE

L'étude de Murdie est intitulée : *Factorial Ecology of Metropolitan Toronto, 1951-1961*, et sous-titrée : *An Essay on the Social Geography of the City*. Elle combine l'analyse de l'écologie urbaine à deux moments du temps (étude en coupe) avec l'investigation des processus évolutifs à travers le temps (étude longitudinale) et décrit les aspects structuraux et dynamiques d'un sous-système urbain, le sous-système écologique, sans toutefois apporter d'attention aux lignes et aux flux unissant les différentes parties de ce sous-système, parties évidemment inter-reliées. Son but se limite en effet, dans le cadre de cette recherche, à découvrir les dimensions fondamentales qui expliquent autant que possible la différenciation socio-économique au sein des zones urbaines et à cartographier les variations spatiales de ces dimensions sous-tendant la structure écologique urbaine, afin de vérifier la valeur des différents modèles de structure urbaine ⁶³ et d'analyse des zones sociales proposés ⁶⁴ et d'identifier les forces responsables des résidus que les modèles ne recouvrent pas.

Pour arriver à ces fins, Murdie réalisa une large sélection de variables caractérisant les traits sociaux et économiques et les conditions de logement des différents secteurs de recensement de l'aire métropolitaine de Toronto pour les années 1951 et 1961. Trois analyses différentes furent menées de front : une pour l'année 1951, une pour 1961 et une pour les changements intervenus entre 1951 et 1961. Pour chacune de ces trois analyses, Murdie utilisa l'analyse factorielle, ce qui lui permit de réduire le nombre élevé

⁶¹ MURDIE, Robert A., *op. cit.*, note 18d.

⁶² GREER-WOOTEN, Bryn, *op. cit.*, note 20.

⁶³ Cf. HARRIS, Chauncy D. et ULLMAN, Edward L., *The Nature of Cities*, The Annals of the American Academy of Political and Social Sciences, CCXLII, November 1945, 7-17 et les différents travaux de BURGESS, E.W., de HOYT, H. et de MCKENZIE, R.D. auxquels ils réfèrent, ainsi que les travaux plus récents de HOYT lui-même (cf. *Recent Distorsions of the Classical Models of Urban Structure*, Land Economics, XL, May 1964, 199-212. Voir surtout :

BERRY, Brian J.L., *Internal Structure of the City*, Law and Contemporary Problems, XXX, No. 1, Winter 1965, p. 111-119.

SIMMONS, J.W., *Descriptive Models of Urban Land Use*, The Canadian Geographer, IX, 1965, p. 170-174.

⁶⁴ ANDERSON, Theodore R., et BEAN, Lee L., *The Shewky-Bell Social Areas : Confirmation of Results and a Reinterpretation*, Social Forces, XL, December 1961, p. 119-124.

HAWLEY, Amos H., et DUCAN, Otis D., *Social Area Analysis : A Critical Appraisal*, Land Economics, XXXIII, November 1957, p. 337-345.

de variables du recensement, une grande partie d'entre elles étant inter-reliées, à un petit nombre de dimensions latentes indépendantes les unes des autres, appelées facteurs, et qui sont responsables de l'ensemble des variations constatées entre l'ensemble des variables. Ces facteurs ont pu être qualifiés et décrits en se fondant sur le repérage des variables les plus étroitement associées aux différents facteurs, et sur le concept qu'exprime le groupement des variables sous chacun des différents facteurs. Une deuxième étape consista à obtenir et à cartographier des pointages standardisés exprimant pour chacun des secteurs de recensement, c'est-à-dire pour chacune des observations originales, l'importance jouée par le facteur considéré. Finalement, les résultats des configurations spatiales et structurales obtenues furent comparés avec les modèles théoriques de la structure et de l'évolution de l'écologie urbaine, que l'auteur avait pris soin de présenter dans la première partie de l'ouvrage, avant de présenter de manière traditionnelle et descriptive les caractéristiques d'ensemble de son terrain d'étude, tout particulièrement les caractéristiques de site et les caractéristiques formelles.

Les facteurs qu'il a extraits sont indépendants les uns des autres et s'additionnent, et sont ainsi conceptuellement reliés au modèle descriptif des espaces sociaux superposés tels que présentés par les spécialistes de l'analyse sociale, surtout par P. H. Chombart de Lauwe⁶⁵ qui, dans son étude de l'agglomération parisienne, suggéra que l'espace social est l'expression de la superposition à l'espace physique d'un espace économique, démographique, culturel... cette surimposition à l'espace physique de la ville se traduisant par une grille individualisant des zones homogènes. Les résultats des pointages dérivés de l'analyse et cartographiés montrent en effet directement sur la carte les dimensions de base de la structure écologique de la cité et de son évolution, et procurent de ce fait une base remarquable d'évaluation des modèles spatiaux de la structure interne des cités et de son évolution.

Une fois découverts l'ensemble des liens réciproques et récurrents entre les différents éléments structurant l'espace social, une fois les résultats cartographiés et interprétés à la lumière des schémas théoriques, l'analyse directe et empirique ne portant que sur les faits résiduels, il est légitime d'entreprendre une ultime démarche : mesurer quantitativement les caractéristiques spatiales des dimensions latentes de l'aire sociale. Plusieurs essais avaient déjà été réalisés avant Murdie, suivant diverses méthodes incluant : l'utilisation d'un graphe sur lequel les scores ou les indices sont mesurés le long d'axes radiaux majeurs, l'analyse de variance⁶⁶, les techniques centrophiques, particulièrement pour montrer la migration des zones de haut statut économique⁶⁷. Le succès le plus probant est celui réalisé grâce à l'ana-

⁶⁵ CHOMBART DE LAUWE, P.H., *Paris et l'agglomération parisienne*, Paris, P.U.F., 1952.

⁶⁶ Voir en particulier :

ANDERSON, Theodore R. et EGELAND, Janice, *Spatial Aspects of Social Area Analysis*, American Sociological Review, XXVI, June 1961, p. 392-399.

McELRATH, Dennis C., *The social Areas of Rome : A comparative Analysis*, American Sociological Review, XXVII, August 1962, p. 376-391. (Cités par Robert Murdie).

⁶⁷ Voir à ce sujet :

JOHNSTON, R.J., *The location of High Status Residential Areas*, Geografiska Annaler, XLVIII, Series B, 1966, p. 23-35.

PETERS, P.D., *Residential Sectors and Urban Expansion*, Ithaca, New York, Centre for Housing and Environmental Studies, Division of Urban Studies, Cornell University, 1964.

lyse de variance ; c'est donc ce test que retiendra l'auteur pour déterminer si telle dimension de l'espace social varie selon des secteurs ou selon des zones concentriques ou encore les deux ensemble. La méthode est fort complexe ⁶⁸. Elle débouche cependant sur des résultats remarquables, chiffrés, déterminant le comportement spatial moyen de chaque facteur dans chacun des types de répartition. Selon les ratios respectifs de chaque facteur dans l'analyse de variance, on a classifié chacun comme principalement sectoriel ou principalement concentrique, plus sectoriel que zonal et inversement. Quand les ratios s'équilibrent, on qualifie les facteurs de sectoriels et zonaux tout à la fois.

Comme les résultats de l'analyse factorielle avaient confirmé et évalué avec précision les modèles théoriques sur les grandes dimensions indépendantes élaborés par les analystes de l'espace social, les résultats de l'analyse de variance confirment les modèles de répartition :

- a) le facteur socio-économique est sectoriel ;
- b) le facteur familial est concentrique ;
- c) le facteur ethnique est tout à la fois sectoriel et concentrique, c'est-à-dire qu'il se résoud en différents groupements ;
- d) le facteur de croissance récente est principalement zonal en 1951, mais simplement plus zonal que sectoriel en 1961 ;
- e) les caractéristiques du type d'occupation du logement et du type d'emploi sont principalement zonales, mais l'emploi dans les services n'est que plus zonal que sectoriel ;
- f) la suburbanisation et les changements dans la stabilité résidentielle sont principalement zonaux (cinq fois plus zonaux que sectoriels), tandis que l'urbanisation (rénovation) est tout à la fois zonale et sectorielle.

On aboutit donc à trois superpositions : sectorielle, concentrique, nodale. L'écologie factorielle de l'étude de Murdie montre donc que l'espace social du Toronto métropolitain est fait d'une série de dimensions indépendantes qui s'étalent sur l'espace physique selon des variations très régulières. En tout, six composantes majeures de l'espace social peuvent se voir attribuer approximativement les trois-quarts de la variation totale des données recueillies. Trois dimensions de base jouèrent à travers la décennie pour tout à la fois maintenir les structures et les faire évoluer. Elles différencient la population selon le statut économique d'abord, le statut familial en second lieu, les zones de croissance récente enfin. De plus, le statut ethnique restait spatialement distribué de la même façon entre les deux dates, le statut économique variait sectoriellement, le statut familial concentriquement. Les éléments de croissance récente sont associés avec des zones particulières et les variations ethniques avec certains secteurs.

Mais, en fait, secteurs et zones ne sont pas simplement déposés sur l'espace physique : ils résultent souvent d'interactions étroites avec lui. Cette étude n'a pas été entreprise ici, ni celle qui aurait pu être entreprise pour rendre compte des variations entre les résultats obtenus et le modèle

⁶⁸ La méthode semble d'abord avoir été utilisée par les géologues :

MILLER, Robert L., et KAHN, James, *Statistical Analysis in the Geological Sciences*, New York, John Wiley, 1962, p. 409-418.

idéalisé. Comme Walter Firey⁶⁹ et Emrys Jones⁷⁰ l'ont correctement précisé, d'autres facteurs doivent être inventoriés, que l'on ne sait pas encore mettre dans l'ordinateur, telles les valeurs sociales investies par la population dans tel ou tel quartier ou division de quartier, dans telle ou telle « pièce de terrain », telles aussi les décisions administratives (ordonnances de zonage, rénovation urbaine, projets de voies de circulation et de transport rapide), pour expliquer le détail de la localisation et de la configuration des zones et des secteurs ainsi que les déviations par rapport au modèle théorique idéal.

Il n'en demeure pas moins que la projection sur la carte de la ville des dimensions sociales permet déjà d'isoler des aires d'homogénéité sociale en cellules définies par la toile d'araignée radio-concentrique des zones et des secteurs. Les résultats sont confirmés : les unités de voisinage et les communautés de la métropole, telles que perçues clairement comme des entités à caractère social particulier par la population de la ville, émergent clairement de la toile qui décrit leurs inter-relations spatiales.

Deuxième série de découvertes : l'évolution dans la décennie 1951-1961 se traduit sur la carte par des changements qui témoignent plus de la croissance rapide réalisée au sein de l'aire métropolitaine que d'une redistribution des types de voisinages. Par exemple la dimension qualifiée de « statut économique », qui est la dimension principale dans les analyses en coupe, a varié sectoriellement grâce à une poussée prenant place à l'extrémité externe du rayon de chacun des secteurs originaux tandis que la dimension du « statut familial » était caractérisée par une vague de changement du centre vers la périphérie. Comme la cité croissait, le noyau d'habitations à loyers multiples consacré au logement des petites familles s'épancha du centre vers la périphérie au sein des zones d'habitat unifamilial. Le phénomène est d'ailleurs très net dans le paysage.

Enfin, et surtout, pendant la décennie, les forces affectant la structure de la cité furent essentiellement la nouvelle croissance à la périphérie (suburbanisation, premier facteur longitudinal), la restructuration de la zone centrale par le redéveloppement et la reconversion (urbanisation, deuxième facteur), et la diffusion de groupes culturels particuliers (changement ethniques, troisième facteur), ainsi que les divers faits liés à l'importance du changement ou de la persistance (facteur de la stabilité résidentielle). Le phénomène fondamental du changement dans l'écologie humaine de Toronto demeure cependant le phénomène de la croissance de la cité telle que reflétée par la croissance des banlieues. Ce « composant principal » traduit et résume en effet tout à la fois les variables exprimant les changements dans la densité de la population, dans le potentiel de population, dans les qualités de l'aménagement résidentiel, ainsi que certaines autres variables traditionnellement associées avec le statut économique, celui-ci n'étant cependant que partiellement représenté au niveau du phénomène dit de suburbanisation.

⁶⁹ FIREY, Walter, *Land Use in Central Boston*, Cambridge, Harvard University Press, 1947.

⁷⁰ JONES, Emrys, *A Social Geography of Belfast*. London, Oxford University Press, 1960.

JONES, Emrys, *Towns and Cities*. Oxford University Press, 1966, 152 p.

Au total, le travail de Murdie présente un modèle descriptif de la structure écologique urbaine et de son évolution en faisant la synthèse entre les analyses des aires sociales et les notions classiques sur la structure spatiale urbaine. Il confirme en particulier ce que Berry⁷¹ et Simmons avaient perçu alors que la géographie française ne l'avait pas réalisé du tout, que les trois modèles de Burgess, de Hoyt et d'Harris-Ullman ont été opposés à tort puisqu'en fait ils se complètent les uns les autres, chacun d'eux décrivant un aspect divers et séparé de la différenciation socio-économique au sein de la cité, en fait les trois grandes dimensions principales découvertes par Murdie dans ses analyses en coupe : le statut économique (modèle sectoriel), le statut familial (modèle de Burgess) et le statut ethnique (modèle sectoriel superposé au modèle d'agglomération). En effet le facteur ethnique s'est lui aussi diffusé vers l'extérieur selon un mouvement sectoriel, mais en suivant deux directions bien précises : l'une marquant la prédominance des Italiens, le long des zones de faible statut économique, l'autre marquant la prédominance juive, mais selon deux secteurs différents, à la fois le long d'un secteur pauvre et le long d'un secteur riche, ce qui confirme la grande mobilité socio-économique qui caractérise l'ethnie juive.

Le modèle que Murdie élabore alors quantitativement est sans doute applicable à la plupart des cités industrielles du monde occidental. Il a surtout le mérite d'avoir été testé. En effet, les aspects structuraux du modèle ont été évalués à partir de l'analyse en composantes principales, tandis que réciproquement les configurations spatiales ont été testées grâce aux pointages obtenus par chaque facteur dans chacune des zones d'analyse, puis grâce à une analyse de la variance de chaque configuration. Quelle que soit sa valeur dans le concret, on ne peut rêver d'un meilleur moyen d'analyse, d'un meilleur indicateur de recherche, permettant de poser immédiatement les problèmes et de mettre en évidence tout à la fois les régularités sur lesquelles il n'y aura plus besoin d'enquêter et les exceptions qui réclameront une enquête directe plus poussée.

Evidemment, d'autres recherches pourraient être entreprises, et Murdie termine son « premier » travail en les énumérant. Son travail s'est attaché aux aspects *formels* des caractéristiques de l'espace social. Deux autres séries de caractéristiques au moins devraient être analysées : les caractéristiques *fonctionnelles* et les caractéristiques *relationnelles* ou *circulatoires*. Deux séries d'informations devraient être alors recueillies : l'une servant à définir le système d'activités « espace-temps » des ménages, suivant les notions fondamentales que Stuart Chapin Jr. vient de définir, l'autre servant à appréhender la perception de l'espace tant physique que social par les habitants de la ville⁷². A une autre échelle, c'est déjà ce qu'a essayé de réaliser Bryn Greer-Wooten, dans un travail beaucoup plus complexe mais encore trop théorique pour emporter entièrement l'adhésion. Il apporte néanmoins au chercheur un certain nombre de notions qui seront certainement à la base de toute la recherche avancée sur les faits spatiaux dans les années 70.

⁷¹ Cf. note 63, b et c.

⁷² CHAPIN, Stuart Jr., *Activity Systems and Urban Structure : A Working Scheme*, Journal of the American Institute of Planners, XXIV, January 1968, p. 11-18.

MICHELSON, William, *An Empirical Analysis of Urban Environmental Preferences*, Journal of the American Institute of Planners, XXXII, November 1966, p. 355-360.

V. VERS UNE THÉORIE GÉNÉRALE DES STRUCTURES SPATIALES ET DES COMPORTEMENTS SPATIAUX

Greer-Wooten part de l'idée, déjà présentée par Haggett ⁷³, que l'un des thèmes, de plus en plus fondamental, de la géographie économique réside dans la notion de convergence, qui est évidente tout particulièrement dans la préoccupation manifeste des géographes pour les centres d'organisation, pour les cités, dans le fait aussi que le paysage économique est considéré comme un système centré sur la ville. Naturellement, ces nouvelles directions de recherche reflètent les changements de la nature de la société urbaine, dont les configurations et les relations d'interdépendance sont bien plus complexes qu'au début du siècle, essentiellement en fonction de l'évolution des techniques de communications et de transport. Dans un article récent, Brian Berry ⁷⁴ a montré que trois principes majeurs président en fait à la localisation urbaine : les villes sont soit des sites d'activités économiques spécialisées, soit des points de rupture de charge sur les lignes de communication, soit enfin des places centrales. Or le facteur latent qui influence une telle formulation réside évidemment dans le rôle du transport. En effet, un des principaux effets de l'amélioration des techniques de transport est la tendance à l'accroissement des avantages compétitifs des centres les plus grands par rapport aux centres les plus petits, grâce à une chaîne de processus centralisants. Pourtant, Berry ne peut citer qu'un seul exemple de recherche s'appuyant directement sur les relations entre les changements de la structure des réseaux de circulation et les changements des configurations urbaines. Le travail de Greer-Wooten s'occupe justement de ces relations dans le contexte de la structure spatiale d'une aire métropolitaine et de sa périphérie.

L'échelle choisie pour son étude est celle du champ urbain (*urban field*), au sens de théâtre des activités urbaines, tel que défini par Friedmann et Miller ⁷⁵ dans un article qu'il faut absolument lire si l'on veut avoir une conception moderne des problèmes régionaux américains. La thèse de Greer-Wooten se présente alors comme une partie d'un projet plus large se préoccupant de la structure et des configurations de l'interaction spatiale au sein des régions métropolitaines et de leur périphérie. Une des hypothèses de base de ce projet réside en ce qu'une telle interaction se présente comme un phénomène aux facettes multiples, alors que la recherche passée a surtout été dévolue aux problèmes du comportement spatial des seuls consommateurs et aux trajets qui en découlent. Malheureusement, les données sur ces interactions n'existent que rarement et l'auteur a dû se plier à un considérable travail d'enquête porte-à-porte et d'enquêtes par les écoles pour obtenir un nombre suffisant de données, non seulement sur les déplacements liés à la recherche de l'achalandise et des biens de service, mais encore à l'ensemble des interactions culturelles et économiques (migrations récentes de résidence, visites sociales, migrations pendulaires...).

⁷³ HAGGETT, Peter, *Locational Analysis in Human Geography*, E. Arnold, London, 1965, 338 p.

⁷⁴ BERRY, Brian J.L., *op. cit.*, note 4.

Voir aussi :

BERRY, Brian J.L., *Theories of Urban Location, An Introductory Essay*, Commission on College Geography, Resource Paper No. 1, Association of American Geographers, Washington, D.C., 1968, 25 p.

⁷⁵ FRIEDMANN, John et MILLER, John, *The Urban Field*, Journal of the American Institute of Planners, Vol. XXXI, p. 312-319.

Dans ses questionnaires, une brève section essaie en outre d'analyser la perception de la distance chez le répondant, le temps et le coût du voyage au centre métropolitain ou aux centres secondaires, et enfin son attitude face aux changements ayant marqué son environnement local. Ces aspects variés de l'interaction spatiale générale peuvent alors être reliés aux caractéristiques du logement, des ménages et des ethnies, ce qui est particulièrement intéressant pour une étude qui se situait dans le sud du Québec, Montréal étant la métropole dominante.

Le problème de Greer-Wooten est alors de chercher l'ordre et la régularité dans les variations spatiales des phénomènes parcourant le champ urbain, en donnant une haute valeur à la mathématisation de toutes les relations découvertes à travers une recherche, grâce à l'analyse factorielle, des références empiriques de tous les ordres théoriques. Il s'agit enfin d'essayer également de replacer tous les résultats au sein d'une construction plus générale, en évitant les analogies, « la méthode des analogies ayant été remplacée dans les sciences physiques par le développement des systèmes théoriques beaucoup plus proches et mieux reliés à leurs références particulières ». Le modèle théorique est ici tiré des travaux de Berry sur la théorie du champ spatial ⁷⁶.

Berry définit un système spatial comme étant composé de « places » (les unités d'observations), des attributs de ces places et des interactions qui se déroulent entre eux. C'est le « champ » proprement dit. Une matrice des attributs peut grouper dans l'ordre n -places par a -attributs. Dans la mesure où un nombre infini d'attributs peut caractériser les n -places, une prémisses de base de la théorie du champ spatial est qu'un nombre fini de concepts de base indépendants déterminés inductivement par l'analyse factorielle peut effectivement résumer la variation totale des attributs.

Ces concepts de base forment donc les *dimensions* des caractéristiques de l'espace (*attribute spaces*). Et c'est en fait cette notion de dimensions qui rend la théorie expérimentale. Les caractéristiques spatiales sont dérivées de la matrice d'intercorrélation de rang a par a . Ces dimensions définissent donc l'état du système. Les pointages obtenus par chaque place sur les différents attributs sont alors utilisés pour estimer les configurations spatiales fondamentales (c'est ce qu'avait fait Robert Murdie), telles qu'elles apparaissent dans la matrice dite de structure de rang n par s où s est le nombre de dimensions différentes.

Les interactions entre les unités d'observations sont traitées d'une manière similaire. Le comportement est considéré comme un phénomène couple, pouvant intervenir entre toutes les paires de places possibles. Une telle paire s'appelle « dyad » et l'ensemble qui les décrit entièrement décrit le comportement « dyadique ». Il y a alors pour les n -places, $n^2 - n$ dyades possibles. La matrice d'interaction est alors définie par Berry comme une matrice de rang $(n^2 - n)$ par y où y représente l'ensemble des interactions possibles. De la même manière que l'on avait extrait de la matrice des intercorrélations de base les dimensions fondamentales des caractéristiques de l'espace, on extrait maintenant de la matrice d'interaction les types d'in-

⁷⁶ BERRY, Brian J.L., *A Synthesis of Formal and Functional Regions Using a General Field Theory of Spatial Analysis*, op. cit., note 19.

teraction fondamentaux définissant le comportement du système. Les points obtenus sur les interactions originales sont utilisés pour déterminer de nouveaux pointages sur les dimensions sous-tendantes. Le résultat est alors une matrice de rang $(n^2 - n)$ par b où b représente le nombre des nouvelles dimensions latentes, et qui est appelée la matrice de *comportement spatial*. On conçoit aisément que la méthode peut être utilisée une troisième fois en incluant la dimension temporelle permettant au chercheur d'inférer des *processus spatiaux*.

Après avoir découvert ces dimensions, Greer-Wooten a proposé une typologie de paramètres spatiaux pouvant rendre compte de façon adéquate de l'ensemble de sa structure spatiale. De l'ensemble des paramètres qu'il propose, il extrait trois types, pour les tester sur les résultats qu'il avait obtenus dans la zone qu'il étudiait :

- le gradient d'abord, mesuré par une définition de l'accessibilité au centre urbain par le chemin le plus court ;
- l'effet d'agglomération, mesuré par l'agglomération de noyaux ou de nodalités, fondés sur des liaisons et des connexions déterminées à partir de l'analyse des composantes principales d'une matrice de connexions ;
- l'effet sectoriel, représentant une division objective de l'espace total en groupe radiaux et périphériques de municipalités et de localités.

Les trois groupes de paramètres ont été traités comme variables indépendantes dans une série de relations fonctionnelles avec les dimensions factorielles préalablement découvertes, et considérées comme des variables dépendantes. L'ensemble de telles relations, exprimées par des équations de régression, *forme la définition donnée au terme de structure spatiale* pour les fins de cette recherche. Les variables dépendantes sont formées des données composées dérivées de l'examen des attributs qualifiant spatialement des phénomènes à une ou deux dimensions (le point = la municipalité considérée comme une entité ; la surface = répartition des faits à l'intérieur d'une localité) dans le champ urbain. Une table montre les résultats du test empirique de ces relations spatiales, telles qu'estimées par une série de modèles de régression, et utilisant les données recueillies pour le sud du Québec.

Plusieurs conclusions doivent être relevées, en plus de celles qui découlent des fonctions découvertes pour chacune des variables dépendantes. Clairement, nous dit Greer-Wooten, la structure spatiale d'un phénomène s'exprime avec des résultats beaucoup plus significatifs à partir des données de surface qu'à partir des données qualifiant une entité à une dimension.

Deux dimensions n'ont pas de relation significative avec aucun des paramètres spatiaux découverts. D'une part, les changements récents dans les structures de l'utilisation du sol des zones entourant les noyaux métropolitains se présentent d'une façon chaotique et apparemment au hasard. D'autre part, la faiblesse des résultats obtenus avec les facteurs « niveaux d'établissement industriel » et « échelle des opérations manufacturières »

montre à l'évidence l'échec de la théorie traditionnelle de la localisation des industries, « surtout quand la structure industrielle est étudiée en relation avec les autres aspects du caractère multivarié des municipalités et à l'échelle de l'ensemble du champ urbain ».

En revanche, deux aspects de l'industrie sont bien décrits dans le modèle final. D'une part, l'orientation de la périphérie lointaine du champ urbain vers l'exploitation primaire des ressources, d'autre part, la mise en place de l'industrie récente et de la croissance de la population, qui toutes deux ont des relations très fortes avec les paramètres spatiaux. Dans le premier cas, il s'agit de pérennité des vieilles configurations des industries d'exploitation, tandis que, dans le second cas, la relation témoigne de l'influence plus récente des voies de transport routier et de la distribution de la main d'oeuvre dans la localisation des implantations les plus modernes. Le paramètre spatial est dans ce cas très nettement sectoriel, et c'est le seul cas où il est vraiment indiscutable.

Pour les autres dimensions caractérisant les attributs spatiaux des municipalités, il convient de retenir que si les dimensions socio-économiques et les syndromes ruraux-urbains sont fortement reliés à un paramètre de gradient, sept dimensions sont beaucoup plus liées à des mesures de groupement spatial. Ainsi en est-il pour la dimension caractérisant le niveau d'établissement urbain, résumant de façon composite les mesures des différences entre les lieux, suivant l'importance du commerce (détail et gros) et incluant également quelques aspects de la structure industrielle de base.

L'auteur en a conclu qu'il convient donc de redéfinir la notion d'usurpation des fonctions par la métropole (phénomène de dominance de W. Isard). Brian Berry avait déjà suggéré d'ailleurs que ces notions devaient être généralisées à l'intérieur d'une théorie plus inclusive des lieux centraux appliquée aux régions métropolitaines⁷⁷. En fait Greer-Wooten découvre *que la distance n'est pas importante pour ce type de relation*. Il lui apparaît donc qu'à mesure où l'échelle de l'étude grandit, l'importance de la distance s'atténue. Les progrès de la technologie des transports se traduisent par des formes de mouvement de plus en plus flexibles, et l'influence de la distance comme facteur de localisation décroît.

Ce résultat, remarque Greer-Wooten, confirme celui des études empiriques. Si les configurations spatiales deviennent plus diffuses avec le temps, on pourrait à première vue en conclure qu'elles seront de moins en moins incorporables dans des modèles prédictifs. Dans ce cas, le rôle du géographe dans les études prospectives serait réduit à néant, alors même que la profession entrerait justement et sérieusement dans un domaine longtemps occupé par les seuls économistes. La réponse en fait est tout autre, et l'étude de Greer-Wooten le montre. En effet, si les configurations spatiales deviennent plus diffuses, « elles montrent également une plus grande tendance à des groupements locaux ». De là l'importance qu'il y a à chercher des moyens de mesurer ces groupements. En particulier, dans l'étude de l'évolution de l'agriculture périphérique, il semble que les effets du renversement de la théo-

⁷⁷ BERRY, Brian J.L., *The Impact of Expanding Metropolitan Communities upon Central Place Hierarchy*, Annals, A.A.G., Vol. 50, 1960, p. 112-116.

rie de Von Thunen, tels que vus par Sinclair ⁷⁸, ne s'appliquent que lorsque les localités suburbaines non agricoles sont exclues de l'analyse. Mais l'importance générale des zones suburbaines dans la différenciation spatiale des configurations agricoles interdit une telle exclusion. On voit où mène la volonté de saisir la réalité objectivement et directement dans une même et unique globalité, telle qu'elle est singée par les concepts de systèmes dynamiques, telle qu'elle s'inscrit et vit dans les faits.

VI. PERSPECTIVES

Les perspectives ouvertes par la mathématisation de notre discipline et par les ressources de la programmation électronique sont donc variées et plus ou moins séduisantes. On peut d'abord soupçonner, avec l'utilisation de la cybernétique, que les progrès méthodologiques conduiront dans quelque temps les géographes à réapprendre la géographie de décennie en décennie. Déjà, tout particulièrement pour ceux qui sont trop jeunes pour renoncer à suivre et à dominer le nouveau courant, mais qui sont trop vieux pour avoir pu bénéficier d'une formation mathématique et informatique même élémentaire, l'effort est violent, et il ne peut manquer de se traduire par des tensions qui peuvent empoisonner même les rapports entre collègues. Face à ce qui nous dépasse ou qu'on ne comprend pas, l'attitude la plus courante sera toujours soit la croyance aveugle, soit la négation à priori, et moins souvent l'esprit de recherche, qui suppose beaucoup d'humilité et d'efforts.

Certes, les problèmes ne manquent pas, même pour les géographes les plus habiles à manier les mathématiques. Le plus important est celui qui est lié à la question du choix des unités de mesure, mais il confronte aussi les géographes traditionnels. Il est cependant plus apparent quand on se pique de rigueur scientifique. En effet, les résultats d'une analyse de corrélation entre des caractéristiques spatiales qualifiant des zones de surface différente peuvent varier considérablement ⁷⁹. C'est ce qu'avaient découvert dès 1934 et de façon empirique Gehlke et Biehl : les coefficients de corrélation tendent à s'accroître en magnitude en même temps que s'accroissent les dimensions des zones dans lesquelles on les relève, les extrêmes se fondant dans des moyennes à base plus large. Ainsi, Robinson a montré que les corrélations entre le pourcentage de population noire et le pourcentage de population illettrée au sein des Etats-Unis en 1930 passent de .773, quand les zones d'analyses se situent au niveau des Etats, à .946 quand les mêmes données sont regroupées dans les neuf grandes subdivisions des Etats-Unis proposées par le bureau de recensement ⁸⁰. Leslie Curry, géographe mathématicien confirmé, a pu écrire en 1966 : « nous ne savons pas encore ce que nous faisons dans nos analyses spatiales de régression » ⁸¹. C'est pourquoi Robert Murdie remarque avec soin que ses résultats ne sont valables qu'à l'échelle des secteurs de recensement. Si des unités de recherche plus petites (îlots de recensement) ou plus larges (districts urbains) avaient

⁷⁸ SINCLAIR, Robert, *Von Thunen and Urban Sprawl*, Annals, A.A.G., No. 1, 1967, p. 72-87.

⁷⁹ Cf. MURDIE, Robert, *op. cit.*, note 18d.

⁸⁰ ROBINSON, W.S., *Ecological Correlations and the Behavior of Individuals*, American Sociological Review, XV, 1950, p. 351-357.

⁸¹ CURRY, Leslie, *A Note on Spatial Association*, The Professional Geographer, XVIII, March 1966, p. 97-99.

été choisies pour son analyse, ses résultats auraient pu être considérablement différents. Les problèmes d'échelles sont donc fondamentaux. Ce qui est vrai à une certaine échelle ne l'est pas forcément à une autre échelle, et en changeant d'échelle il faut souvent changer de type d'explication mais cela nous le savions déjà très bien en géographie dite « traditionnelle ».

Par ailleurs le problème est analogue au niveau des essais de vérification des comportements « géométriques » des faits sociaux. Le choix de la grille est déterminant. Les secteurs et les zones au sein desquels les ordinateurs regroupent les données et analysent les variances auraient pu être orientés selon des directions différentes, en choisissant par exemple des points centraux différents, ou encore, comme le remarque Murdie, en fondant le dessin de la grille d'interprétation sur des données physiques plutôt qu'abstraites. Murdie convient lui-même que s'il avait choisi un tracé suivant les lignes de chemin de fer, la ligne du rivage et les lits des rivières, les lignes de rebord des collines, au lieu de plaquer sur sa ville une figure géométrique abstraite, il aurait défini des secteurs plus réalistes et de ce fait fourni une meilleure base d'évaluation du modèle de Hoyt. Ce qu'il remarque surtout, c'est que ses résultats ne sont valides que pour les configurations d'analyse qu'il a choisies. Ce n'est pas un crime : toute formalisation de la réalité suppose tout à la fois une perte d'information et une clé d'interprétation, ne serait-ce que pour la plus simple et la plus traditionnelle des cartes de répartition d'un phénomène. Classer des séries de pourcentages de 10 en 10 ou suivant les déciles et quartiles, ou selon l'écart absolu à la moyenne, ou selon l'écart quadratique moyen aboutit à des configurations spatiales différentes.

Enfin, on sait que les hautes corrélations ne confirment pas nécessairement une hypothèse, puisqu'aussi bien l'expérience montre que l'on peut toujours trouver des corrélations sans significations possibles. L'analyse des variables ne peut donc être justifiée pour elle-même. C'est assez dire que le qualitatif primera toujours sur le quantitatif, et que les choix des unités de mesure devront toujours être soigneusement fondés sur une réflexion théorique poussée, comme le remarquait d'ailleurs J.R. Mackay à propos de l'utilisation du test du Chi-carré comme instrument de détermination des limites régionales par Leonard Zabler⁸². Mais comme ces problèmes existent également pour la géographie traditionnelle, les géographes quantitatifs sont mieux armés que leurs prédécesseurs pour les résoudre. C'est d'ailleurs une de leurs préoccupations fondamentales, ainsi chez Tobler⁸³, Dacey⁸⁴ et Greer-Wooten. Evidemment, comme l'a souligné Ian Burton, ce n'est pas par pur hasard que la révolution quantitative est contemporaine de la réapparition d'un néo-déterminisme géographique à la recherche, pour notre discipline, de bases vraiment scientifiques. Mais aujourd'hui la notion de régularité succède à la notion de loi causale aux effets inévitables, toutes les nouvelles techniques étant dominées par les lois du calcul de probabilité et

⁸² MACKAY, J.R., *Chi-Square As a Tool for Regional Studies*, Annals, A.A.G., Vol. 48, 1958, 164 p.

MACKAY, J.R. and BERRY, Brian J.L., *Comments on Use of Chi-Square*, Annals, A.A.G., Vol. 49, p. 89.

ZOBLER, L., *op. cit.*, note 35.

ZOBLER, L., *The Distinction Between Relative and Absolute Frequencies in Using Chi-Square for Regional Analysis*, Annals, A.A.G., Vol. 49, p. 456-457.

⁸³ et ⁸⁴ Pour ces deux auteurs, les plus avancés actuellement en mathématiques, il vaut mieux se référer à l'analyse de leurs travaux dans l'ouvrage de Leslie King (*op. cit.*, note 5) que de chercher à les aborder directement.

la théorie des processus stochastiques. Face à tout ce que l'humain a de contingent, les quantitatifs savent tous que les permanences statistiques n'apparaissent qu'au niveau des ensembles nombreux, de telle sorte qu'en changeant d'échelle il faut le plus souvent changer de méthode et de types d'explication, puisqu'aussi bien ce qui est vrai à une certaine échelle ne l'est plus forcément à une échelle plus réduite. Le tout est de bien poser les problèmes d'échelle. De toutes façons, impliquant la mathématisation de notre discipline, la révolution quantitative conduira à la construction et à la vérification de modèles théoriques, une telle construction étant rigoureusement conforme aux processus de la méthode expérimentale : l'identification d'un modèle n'est qu'un premier pas dans la recherche des processus qui sont à l'origine de ce modèle.

Dans cette optique, on ne niera pas non plus l'intérêt fondamental de l'analyse factorielle. Le modèle mathématique sur lequel elle se fonde permet aux variables de se répartir en groupes distincts au sein desquels expression est donnée pour chacune des variables du coefficient de corrélation entre la variable et chacun des facteurs considérés. Il appartient alors au géographe, à partir du relevé des forts coefficients de corrélation reliant chacune des variables à chacun des facteurs découverts, de leur donner une signification. C'est au fond ce que le géographe traditionnel a toujours essayé de faire d'une manière empirique, en cherchant, à l'aide de la comparaison d'indices et de cartes, à classer ses zones d'analyses pour individualiser un certain nombre de types obéissant aux mêmes règles de répartition. L'avantage de l'analyse factorielle est de pouvoir traiter directement une masse considérable de variables différentes ayant chacune leurs caractéristiques propres, mais plus encore de permettre la découverte de phénomènes latents sous-tendant les distributions et les associations. La hiérarchisation de ces phénomènes (1er facteur, 2ème facteur . . .) permet au géographe d'exprimer à l'aide d'un référentiel méthodologique universel la structure des combinaisons découvertes. Il sait en effet qu'il y a toujours dans une réalité structurée un ou plusieurs faits catalyseurs, à partir duquel ou desquels se crée la structure. Il est donc nécessaire de le ou de les retrouver pour comprendre la nature des choses et voir découler les problèmes.

L'analyse factorielle est très exactement, comme l'indique d'ailleurs le titre du premier article que Brian Berry a consacré à une étude utilisant cette technique, une méthode d'analyse inductive quantitative, c'est-à-dire une façon de remonter des faits singuliers aux différentes structures générales qui les intègrent de façon logique, en mesurant le degré de qualité des résultats obtenus.

Il est évident que sur des phénomènes limités le géographe pouvait matériellement et intellectuellement traiter manuellement et qualitativement sa documentation statistique. Sa connaissance intime du terrain, des choses et des gens, ses aptitudes à l'intuition qualitative pouvaient même lui permettre dans bien des cas de découvrir le fait catalyseur. Qui oserait nier que, sur bien des problèmes, les maîtres actuels et passés de la géographie française ont réalisé automatiquement dans leur tête, en se fondant sur leur expérience et leur intuition, des analyses factorielles dont les résultats ne seraient pas contredits par une induction quantitative ? Mais, d'une part, la méthode a le défaut de n'être pas universelle et, surtout, tout particulièrement dans les milieux urbains, en géographie sociale, et en écologie des

comportements humains, la masse des données à traiter est telle que de pareilles synthèses qualitatives donnent des résultats vraiment aléatoires, surtout lorsqu'il s'agit de traiter conjointement des variables aussi diverses que les données démographiques, les caractéristiques socio-économiques, ethniques, spatiales, dynamiques autant que statiques, de multiples zones d'analyses découpant l'espace étudié. C'est pourquoi, d'ailleurs, et malheureusement, la recherche urbaine débouche le plus souvent sur le « quoi » et le « où » plutôt que sur le « comment » et le « pourquoi ». Une étude n'ayant pas retrouvé les fils conducteurs que sont les faits catalyseurs à partir desquels s'élaborent les structures et les combinaisons n'est le plus souvent qu'une succession d'observations.

C'est bien là le reproche fondamental que l'on peut faire à la géographie en général, à bien des travaux français en particulier, à ceci près que certains esprits ont su, par leur génie, transcender la difficulté. Mais alors, la géographie est plus un art qu'une science, art qui ne peut déboucher que sur la mise en évidence des spécificités, des irréductibilités. Celles-ci trouvent leur fin en elles-mêmes. Même si ces fins sont en soi légitimes, et fort intéressantes, elles ne peuvent servir de base à une construction scientifique et opérationnelle que dans la mesure où elles se situent comme spécificités par rapport à des régularités. Or malgré tout ce que l'on a pu dire sur la contingence, ces régularités existent, du moins au niveau des ensembles nombreux, et trop souvent nous les nions faute d'être capables de les découvrir.

Personnellement toutefois, après l'effort que nous avons fourni pour pénétrer, sinon toutes les techniques, du moins l'esprit de la recherche américaine, et noté ses résultats, nous en retirons une impression de sécheresse et nous nous posons une question plus fondamentale : est-ce pour cette géographie, cette nouvelle géographie, puisqu'il s'agit bien de cela — il s'agit indiscutablement de géographie, mais cette géographie est complètement nouvelle par rapport aux travaux traditionnels — est-ce donc pour cette géographie, scientifique, que nous avons, il y a une dizaine d'années, choisi d'être géographe ? Ce qui peut être l'objet d'une analyse « systémiste » nous intéresse-t-il encore, nous qui avons choisi la géographie parce qu'elle était un humanisme, parce que, « réfraction de l'univers à travers une intelligence », elle nous aidait à comprendre ce que nos yeux voyaient et à vivre au milieu de nos semblables ? La géographie « traditionnelle » avait développé en nous un sens aigu de l'hétérogénéité de l'espace et un respect pour les paysages et les gens, un certain sens de la solidarité avec le milieu comme avec tous les groupes humains. Elle nous appelait à nous poser des questions sur la valeur des différentes formes d'organisation de la vie humaine et des paysages qui en étaient le produit dans les différentes parties et régions du monde, valeur écologique, valeur économique, valeur sociale, valeur politique⁸⁵, elle nous conduisait justement à faire la part, dans les organisations que nous étudions, entre les lignes de pentes que suivaient les processus cumulatifs et les exigences d'une meilleure organisation territoriale (Jean Labasse). Elle débouchait sur la mise en évidence du rôle du politicien, comme arbitre suprême entre la planification sectorielle et la planification horizontale et, en un mot, elle engageait la personne, du moins depuis que les

⁸⁵ PINCHEMEL, Philippe, *Redécouvrir la géographie*, Annales de l'Université de Paris, n° 3, 1968, p. 350-360.

premiers maîtres, liés à une certaine époque bien particulière de l'attitude bourgeoise, eurent fécondé des chercheurs plus curieux qu'eux des réalités sociales telles que vécues par les populations.

Or tout cela est bien absent de la géographie anglo-saxonne, et l'on peut se demander si finalement le refus des analogies organiques, le sacrifice au fonctionnel, et le constat exclusif des régularités ne vont pas déboucher sur des politiques cristallisant ces régularités, et si le néo-déterminisme des quantitatifs, même s'il est scientifiquement adéquat, ne témoigne pas déjà de tendances latentes, d'un autre ordre, mais tout aussi dangereuses que celles qui étaient latentes dans l'oeuvre de Ratzel et que pourtant Ratzel ignorait, que Vidal de la Blache lui-même n'avait pas su discerner. La ville est tout à la fois une machine à produire et à consommer, un groupement d'hommes producteurs-consommateurs, une société d'hommes-habitants, et parfois aussi, comme le soulignait fortement et récemment P. Cornière,⁸⁶ un « objet d'art », c'est-à-dire tout à la fois un « spectacle et un symbole ». Philippe de Macédoine disait d'Athènes qu'elle était une « idée ». Comme le rappelait Jean Alaut dans un congrès récent à Ottawa, qui connaît la mesure d'une idée ?

Devrons-nous donc choisir entre un art et une science, ou bien, ayant dominé les techniques, sachant les utiliser comme moyens quand nous en aurons besoin, saurons-nous aller plus loin, le quantitatif ayant toutefois fécondé notre qualitatif, qui doit finalement primer, puisqu'aussi bien l'homme est la mesure de toute chose ? C'est le défi que les géographes d'expression française doivent encore relever.⁸⁷

⁸⁶ CORNIÈRE, Paul, *Qu'est-ce que la ville ?*, p. 5-28, in *La Ville, en 2000*, Chronique Sociale de France, n° 4, Juillet 1968.

Voir aussi l'excellent et surprenant éditorial de James J. PARSONS, *Toward A More Human Geography*, dans *Economic Geography*, Vol. 45, July 1969, p. 188.

^{87a} En ce qui concerne l'utilisation du test du chi-carré (cf. note 35 ci-dessus), on trouvera une étude fouillée en langue française dans :

DELACOURRE, N. (sous la direction de), *Initiation à la pratique des statistiques* (Cours programmé par le Service d'Enseignement programmé de la SEMA), Dunod, 1967, 237 p.

^b Deux articles de synthèse fondamentaux sur les techniques quantitatives en géographie viennent de paraître dans la revue *Geography* :

THOMPSON, Derek, *A selected Bibliography on Quantitative Methods in Geography*, *Geography*, No. 242, January 1969, p. 74-83.

COLE, J.P., *Mathematics and Geography*, *Geography*, No. 243, January 1969, p. 152-164.

^c Une fois encore, Paul Claval vient de nous donner un travail pionnier sur la théorie des faits géographiques. Voir à ce sujet :

CLAVAL, Paul, *La Théorie des villes*, *Revue de Géographie de l'Est*, 1 et 2, 1968, p. 3-56.

CLAVAL, Paul, *La Géographie urbaine*, à paraître dans *Revue de Géographie de Montréal*, 2, 1970.

^d Au moment de remettre cet article à la Revue, nous recevons les articles de KING, Leslie J., *The Analysis of Spatial Form and its relation to geographic Theory*, (*A review article*), *Annals, A.A.G.*, Vol. 59, No. 3, September 1969, p. 573-595, et de BERRY, B.B.L., *Relationships between Regional Economic Development and the Urban System : the Case of Chile*, *Tijdschrift voor Econ. en Soc. Geographie*, sept.-okt. 1969, p. 283-307. Dans ce dernier travail, BERRY fait le point de l'ensemble des résultats déjà obtenus grâce à l'analyse factorielle par les géographes, avant d'appliquer la technique au cas chilien. Cet article devient le meilleur document d'initiation aux possibilités nouvelles de la méthode d'analyse géographique.

RÉSUMÉ

A partir de l'analyse de quelques-unes des études les plus significatives de la nouvelle école géographique anglo-saxonne, l'auteur décrit le cheminement d'un mouvement intellectuel et scientifique qui aboutit incontestablement à ouvrir de nouveaux horizons au géographe tout en lui permettant de reformuler les problèmes classiques. L'auteur envisage successivement cinq grands thèmes de réflexion dialectique : a) géographie quantitative et géographie théorique, b) analogies organiques et théorie des systèmes, c) géographie mathématique et méthode expérimentale, d) géographie inductive et géographie déductive, e) structures spatiales et comportements spatiaux. Il lui paraît évident en définitive que si la finalité de la recherche géographique réside toujours dans la définition et l'explication d'une situation écologique d'ordre qualitatif, la quantification et ses corollaires théoriques et techniques forment aujourd'hui les plus sûrs moyens d'analyse, de synthèse, voire même d'expression, dont il peut disposer. A cet égard les différentes méthodes d'analyse factorielle, combinées aux ressources des modèles de régression multiple sont particulièrement aptes à féconder le qualitatif par le quantitatif. C'est en tout cas ce dont témoignent, après les différents travaux de Brian Berry et de Leslie King, deux thèses récentes présentées par leurs disciples, consacrées l'une à l'écologie factorielle du Toronto métropolitain, l'autre à la structure spatiale du « champ urbain » du Québec méridional.

ABSTRACT

Several of the most significant studies of the new anglo-saxon school of geography are reviewed. The author then goes on to describe the course of an intellectual and scientific movement leading toward, not only the reformulation of classical problems, but also the opening of new geographic horizons. The author envisages five great themes for dialectical consideration : a) quantitative and theoretical geography ; b) organic analogies and systems theory ; c) mathematical geography and experimental methods ; d) inductive and deductive geography ; e) spatial behavior and spatial structures. It seems to him that, even though the end of geographic research is still the qualitative definition and explanation of an ecological situation, it is clear that quantification, with its theoretical and technical corollaries, today constitutes the surest available means of analysis, of synthesis, and even of presentation. In this respect, the qualitative approach can be especially enriched by use of the various methods of factor analysis, along with the use of multiple regression models. At least, this is the lesson to be learned from two recent theses presented by followers of Brian Berry and Leslie King, one dealing with the factorial ecology of Metropolitan Toronto, the other with the spatial structure of the « urban field » in southern Quebec.